

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STAVEBNÍ



Disertační práce

## **Analýza stavebně energetické koncepce sanace vybraných bytových domů**

Analysis of the building energy concept of  
reconstruction of selected residential buildings

<b>Autor:</b>	<b>Ing. Kateřina Kubenková</b>
<b>Školitel:</b>	<b>Prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.</b>
<b>Datum:</b>	<b>01/2015</b>
<b>Studijní obor:</b>	<b>3607V025 Teorie konstrukcí</b>
<b>Školící pracoviště:</b>	<b>Katedra pozemního stavitelství 225</b>

Název: Analýza stavebně energetické koncepce sanace  
vybraných bytových domů

Autor: Kateřina Kubenková, Ing.

Místo, rok, vydání: Ostrava, 2015, 1. vydání

Vydala: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Katedra: Pozemního stavitelství 225

Tisk: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Náklad: 5 ks

### **Čestné prohlášení**

Čestně prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci zpracovala osobně, samostatně, s použitím uvedené literatury.

V Ostravě, dne 15.1.2015

Kateřina Kubenková

## **Poděkování**

Děkuji své školitelce vážené paní prof. Ing. Darji Kubečkové, Ph.D. za trpělivost v průběhu mého studia a za odborné vedení a podnětné připomínky, které vedly ke zkvalitnění mé disertační práce.

Kateřina Kubenková

## Seznam použitých zkratek

aj.	a jiných
a pod.	a podobně
a.s.	akciová společnost
EPS 70 F	expandovaný pěnový polystyren
PENB	průkaz energetické náročnosti budovy
max.	maximální
min.	minimální
MW	tepelná izolace z minerálních vláken
např.	na příklad
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
tzv.	tak zvané
zn.	značka



## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD A PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>CÍL A OBSAH DISERTAČNÍ PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>METODY ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE .....</b>	<b>11</b>
3.1	TEORETICKÝ ROZBOR STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍCH JEVŮ .....	11
3.1.1	<i>Teplo a šíření tepla .....</i>	11
3.1.2	<i>Prostup tepla konstrukcí.....</i>	13
3.1.3	<i>Okrajové podmínky .....</i>	15
3.1.4	<i>Spotřeba energie na vytápění .....</i>	16
3.1.5	<i>Požadavky platné legislativy pro hodnocení budov z hlediska energetické náročnosti.....</i>	18
3.1.6	<i>Tepelné vazby mezi konstrukcemi .....</i>	21
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE.....</b>	<b>53</b>
4.1	VOLBA A DESKIPCE BUDOV BYTOVÝCH DOMŮ .....	22
4.1.1	<i>Bytový dům konstrukční soustavy T 02 B .....</i>	23
4.1.2	<i>Bytový dům konstrukční soustavy G 57.....</i>	25
4.1.3	<i>Bytový dům konstrukční soustavy T 06 B .....</i>	27
4.1.4	<i>Bytový dům konstrukční soustavy OP 1.11.....</i>	30
4.1.5	<i>Zděný bytový dům .....</i>	32
4.1.6	<i>Bytový dům konstrukční soustavy HK 60.....</i>	34
4.1.7	<i>dům konstrukční soustavy BP 70 OS.....</i>	36
4.2	EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠTĚNÍ SKUTEČNÝCH SPOTŘEB ENERGIÍ .....	39
4.3	DEFINICE TEPELNĚ TECHNICKÝCH CHARAKTERISTIK KONSTRUKCÍ NA SYSTÉMOVÉ HRANICI BUDOVY PŘED A PO PROVEDENÍ SANACÍ .....	43
4.3.1	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu T 02 B .....</i>	44
4.3.2	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu G57.....</i>	45
4.3.3	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu T 06 B .....</i>	47
4.3.4	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu OP 1.11.....</i>	48
4.3.5	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu zděného.....</i>	49
4.3.6	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu HK 60.....</i>	50
4.3.7	<i>Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu BP 70 OS.....</i>	51
4.4	STANOVENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BYTOVÝCH DOMŮ .....	53
4.4.1	<i>Stanovení geometrických charakteristik budov vybraných bytových domů.....</i>	53
4.4.2	<i>Průměrný součinitel prostupu tepla bytových domů ve stávajícím stavu .....</i>	55
4.4.3	<i>Neobnovitelná primární energie bytových domů ve stávajícím stavu.....</i>	55
4.4.4	<i>Celková dodaná energie bytových domů ve stávajícím stavu .....</i>	56
4.4.5	<i>Celková dodaná energie bytových domů v původním stavu před sanací.....</i>	57
4.5	EXPERIMENT - ZMĚNA OKRAJOVÝCH PODMÍNEK PŘI HODNOCENÍ BUDOV .....	57
4.5.1	<i>Změna intenzity větrání hodnocených budov.....</i>	57
4.5.2	<i>Změna započtení vlivu tepelných vazeb .....</i>	60
4.5.3	<i>Změna posouzení tepelné akumulace zóny.....</i>	61
4.5.4	<i>Změna nastavení vnitřní výpočtové teploty .....</i>	63
4.6	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY .....	66
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE.....</b>	<b>68</b>
5.1	GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ A VYHODNOCENÍ SPOTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ .....	68
5.1.1	<i>Bytový dům konstrukční soustavy T 02 B .....</i>	69
5.1.2	<i>Bytový dům konstrukční soustavy G 57.....</i>	70
5.1.3	<i>Bytový dům konstrukční soustavy T 06 B .....</i>	71
5.1.4	<i>Bytový dům konstrukční soustavy OP 1.11.....</i>	72
5.1.5	<i>Zděný bytový dům .....</i>	73
5.1.6	<i>Bytový dům konstrukční soustavy HK 60.....</i>	74
5.1.7	<i>Bytový dům konstrukční soustavy BP 70 OS.....</i>	75
5.2	PROČ NEJSOU VYPOČTENÉ HODNOTY TOTOŽNÉ SE SKUTEČNÝMI HODNOTAMI SPOTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ? .....	76
<b>6</b>	<b>KONKRÉTNÍ ZÁVĚRY PRO REALIZACI V PRAXI NEBO PRO DALŠÍ ROZVOJ VĚDNÍHO OBORU.....</b>	<b>77</b>

<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA A JINÉ PRAMENY.....</b>	<b>79</b>
7.1	NORMY .....	79
7.2	VYHLÁŠKY, ZÁKONY, SMĚRNICE, NAŘÍZENÍ VLÁDY.....	80
7.3	LITERATURA.....	80
7.4	OSTATNÍ ZDROJE.....	80
<b>8</b>	<b>SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKACÍ.....</b>	<b>82</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>78</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>86</b>
10.1	VÝSTUPY Z PROGRAMU TEPLA .....	86
10.1.1	Struskopemzobetonový panel SPB 270.....	86
10.1.2	Struskopemzobetonový panel SPB 300.....	88
10.1.3	Struskopemzobetonový panel SPB 375.....	88
10.1.4	Struskopemzobetonový panel SPB 200.....	88
10.1.5	Struskopemzobetonový panel SPB 270.....	88
10.1.6	Struskopemzobetonový panel SPB 300.....	88
10.1.7	Struskopemzobetonový panel SPB 375.....	88
10.1.8	Struskopemzobetonový panel SPB 200 + 100 MW.....	88
10.1.9	Struskopemzobetonový panel SPB 200 + 100 EPS .....	88
10.1.10	Struskopemzobetonový panel SPB 270 + 80 EPS .....	88
10.1.11	Struskopemzobetonový panel SPB 270 + 120 MW.....	88
10.1.12	Struskopemzobetonový panel SPB 270 + 120 EPS .....	88
10.1.13	Struskopemzobetonový panel SPB 300 + 100 EPS .....	88
10.1.14	Struskopemzobetonový panel SPB 375 + 60 MW.....	88
10.1.15	Struskopemzobetonový panel SPB 375 + 70 EPS .....	88
10.1.16	Struskopemzobetonový panel SPB 375 + 100 EPS .....	88
10.1.17	Vyzdívka z plynosilikátu 300 + 120 EPS.....	88
10.1.18	Původní meziokenní izolační vložka MIV .....	88
10.1.19	Dozdívka z plynosilikátu – Ytong 300 + 100 EPS.....	88
10.1.20	Sendvičová stěna OP 1.11.....	88
10.1.21	Sendvičová stěna OP 1.11 + 100 EPS .....	89
10.1.22	Sendvičová stěna OP 1.11 + 60 EPS .....	89
10.1.23	Sendvičová stěna suterén OP 1.11.....	89
10.1.24	Sendvičová stěna suterén OP 1.11 + 60 XPS .....	89
10.1.25	Plynosilikátová stěna T 06 B .....	89
10.1.26	Plynosilikátová stěna + 100 EPS .....	89
10.1.27	Zděná stěna CDM 375.....	89
10.1.28	Zděná stěna CDM 375 + 80 EPS .....	89
10.1.29	Zděná stěna CDM 375 + 140 EPS .....	89
10.1.30	Plochá střecha BP 70 OS.....	89
10.1.31	Zateplená plochá střecha BP 70 OS.....	89
10.1.32	Plochá střecha HK 60.....	89
10.1.33	Zateplená plochá střecha HK 60.....	89
10.1.34	Zateplená plochá střecha OP 1.11.....	89
10.1.35	Plochá střecha T 02 B.....	89
10.1.36	Zateplená plochá střecha T 02 B.....	89
10.1.37	Původní plochá střecha T 06 B.....	89
10.1.38	Zateplená plochá střecha T 06 B.....	89
10.1.39	Plochá střecha G 57.....	89
10.1.40	Zateplená plochá střecha G 57.....	89
10.1.41	Původní plochá střecha zděného domu .....	89
10.1.42	Zateplená plochá střecha zděného domu.....	89
10.1.43	Podlaha nad suterénem OP 1.11 .....	89
10.1.44	Podlaha nad suterénem BP 70 OS .....	89
10.1.45	Zateplená podlaha nad suterénem HK 60 .....	90
10.1.46	Zateplená podlaha nad exteriérem HK 60 .....	90



10.1.47	Podlaha nad suterénem T 02 B.....	90
10.1.48	Podlaha nad suterénem T 06 B.....	90
10.1.49	Původní podlaha nad suterénem G 57 .....	90
10.1.50	Zateplená podlaha nad suterénem G 57 .....	90
10.1.51	Podlaha zděného domu nad suterénem.....	90
10.1.52	Zateplená podlaha zděného domu nad exteriérem.....	90
10.1.53	Nezateplená podlaha na terénu .....	90
10.1.54	Vnitřní schodišťová stěna .....	90
10.1.55	Vnitřní schodišťová stěna železobetonová .....	90
10.1.56	Vnitřní schodišťová stěna zděného domu.....	90
10.2	VÝSTUPY Z PROGRAMU ENERGIE .....	90
10.2.1	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – stávající stav.....	90
10.2.2	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – referenční budova.....	100
10.2.3	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – původní stav .....	100
10.2.4	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $n = 0,3 \text{ 1/h}$ .....	100
10.2.5	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $n = 0,4 \text{ 1/h}$ .....	100
10.2.6	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $n = 0,6 \text{ 1/h}$ .....	100
10.2.7	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .....	100
10.2.8	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – zvýšená akumulace.....	100
10.2.9	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $t = 18^\circ\text{C}$ .....	100
10.2.10	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $t = 19^\circ\text{C}$ .....	100
10.2.11	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $t = 21^\circ\text{C}$ .....	100
10.2.12	Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B – $t = 22^\circ\text{C}$ .....	100
10.2.13	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – stávající stav.....	100
10.2.14	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – referenční budova .....	100
10.2.15	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – původní stav.....	101
10.2.16	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $n = 0,3 \text{ 1/h}$ .....	101
10.2.17	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $n = 0,4 \text{ 1/h}$ .....	101
10.2.18	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $n = 0,6 \text{ 1/h}$ .....	101
10.2.19	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .....	101
10.2.20	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – zvýšená akumulace .....	101
10.2.21	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $t = 18^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.22	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $t = 19^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.23	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $t = 21^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.24	Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 – $t = 22^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.25	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – stávající stav.....	101
10.2.26	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – referenční budova.....	101
10.2.27	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – původní stav .....	101
10.2.28	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $n = 0,3 \text{ 1/h}$ .....	101
10.2.29	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $n = 0,4 \text{ 1/h}$ .....	101
10.2.30	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $n = 0,6 \text{ 1/h}$ .....	101
10.2.31	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .....	101
10.2.32	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – zvýšená akumulace.....	101
10.2.33	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $t = 18^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.34	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $t = 19^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.35	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $t = 21^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.36	Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B – $t = 22^\circ\text{C}$ .....	101
10.2.37	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – stávající stav .....	101
10.2.38	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – referenční budova .....	101
10.2.39	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – původní stav.....	101
10.2.40	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $n = 0,3 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.41	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $n = 0,4 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.42	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $n = 0,6 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.43	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .....	102
10.2.44	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – zvýšená akumulace .....	102
10.2.45	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $t = 18^\circ\text{C}$ .....	102
10.2.46	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $t = 19^\circ\text{C}$ .....	102
10.2.47	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $t = 21^\circ\text{C}$ .....	102

10.2.48	Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 – $t = 22^{\circ}\text{C}$ .....	102
10.2.49	Energetická náročnost budovy zděného domu – stávající stav .....	102
10.2.50	Energetická náročnost budovy zděného domu – referenční budova .....	102
10.2.51	Energetická náročnost budovy zděného domu – původní stav.....	102
10.2.52	Energetická náročnost budovy zděného domu – $n = 0,3 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.53	Energetická náročnost budovy zděného domu – $n = 0,4 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.54	Energetická náročnost budovy zděného domu – $n = 0,6 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.55	Energetická náročnost budovy zděného domu – $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .....	102
10.2.56	Energetická náročnost budovy zděného domu – zvýšená akumulace .....	102
10.2.57	Energetická náročnost budovy zděného domu – $t = 18^{\circ}\text{C}$ .....	102
10.2.58	Energetická náročnost budovy zděného domu – $t = 19^{\circ}\text{C}$ .....	102
10.2.59	Energetická náročnost budovy zděného domu – $t = 21^{\circ}\text{C}$ .....	102
10.2.60	Energetická náročnost budovy zděného domu – $t = 22^{\circ}\text{C}$ .....	102
10.2.61	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – stávající stav.....	102
10.2.62	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – referenční budova .....	102
10.2.63	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – původní stav.....	102
10.2.64	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $n = 0,3 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.65	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $n = 0,4 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.66	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $n = 0,6 \text{ 1/h}$ .....	102
10.2.67	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .....	103
10.2.68	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – zvýšená akumulace .....	103
10.2.69	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $t = 18^{\circ}\text{C}$ .....	103
10.2.70	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $t = 19^{\circ}\text{C}$ .....	103
10.2.71	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $t = 21^{\circ}\text{C}$ .....	103
10.2.72	Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 – $t = 22^{\circ}\text{C}$ .....	103
10.2.73	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – stávající stav.....	103
10.2.74	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – referenční budova .....	103
10.2.75	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – původní stav.....	103
10.2.76	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $n = 0,3 \text{ 1/h}$ .....	103
10.2.77	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $n = 0,4 \text{ 1/h}$ .....	103
10.2.78	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $n = 0,6 \text{ 1/h}$ .....	103
10.2.79	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .....	103
10.2.80	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – zvýšená akumulace .....	103
10.2.81	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $t = 18^{\circ}\text{C}$ .....	103
10.2.82	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $t = 19^{\circ}\text{C}$ .....	103
10.2.83	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $t = 21^{\circ}\text{C}$ .....	103
10.2.84	Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS – $t = 22^{\circ}\text{C}$ .....	103
<b>11</b>	<b>OSOBNÍ PROFIL .....</b>	<b>104</b>

## Anotace

Disertační práce je zaměřena na analýzu stavebně energetické koncepce sanace vybraných budov bytových domů, které byly realizovány ve druhé polovině minulého století. Pro analýzu bylo vybráno celkem sedm bytových domů různých konstrukčních řešení (typových i netypových). Pro vybrané budovy bytových domů byl zpracován popis stávajícího stavu konstrukcí, a to včetně popisu jejich sanací spojených se snížením energetické náročnosti (jedná se o zateplení konstrukcí na systémové hranici budovy a výměnu výplní otvorů - oken, dveří a prosklených stěn - v obvodovém plášti). Pro vybrané budovy bytových domů byly vypočteny tepelné technické charakteristiky konstrukcí na systémové hranici budovy prostřednictvím součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukce. Dále byly zpracovány jejich hodnocení energetické náročnosti dle platné legislativy. Byly stanoveny hodnoty celkové dodané energie, měrné dodané energie, hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla a hodnoty neobnovitelné primární energie. Vybrané budovy bytových domů byly zařazeny do klasifikačních tříd. Výpočty energetické náročnosti byly primárně zaměřeny především na spotřebu energie na vytápění. Vypočtené hodnoty spotřeby energie na vytápění byly posuzovány se skutečnými spotřebami energie naměřenými u vybraných budov bytových domů za období posledních desíti let, a to za období let 2004 - 2013. V těchto obdobích se výrazně projeví změny spotřeby energie způsobené stavebními úpravami stávajících staveb spojenými se snížením energetické náročnosti. Výpočty energetické náročnosti vybraných budov byly modelovány při změně zadání okrajových podmínek. Okrajové podmínky byly změněny pro čtyři případy. Okrajové podmínky byly modelovány pro změnu zadání intenzity přirozeného větrání vybraných budov, pro změnu zadání tepelné akumulace konstrukcí vybraných budov, pro změnu zadání vlivu tepelných vazeb u vybraných budov a pro změnu zadání vnitřních teplot u vybraných budov. Následně byly statisticky vyhodnoceny odchylky vypočtených hodnot.

### Klíčová slova:

Bytový dům, sanace bytových domů, panelový dům, energetická náročnost budov, energetika budov, stavební tepelná technika, okrajové podmínky.

## Annotation

The thesis focuses on analyzing the building energy concept of rehabilitation of selected residential buildings which were implemented in the second half of the last century. Seven residential buildings of different design solutions (type and a-type) were selected for the analysis. A description of the existing state of structures, including a description of rehabilitations associated with a reduction in energy intensity (the insulation structures at the building system limit and replacement of opening fillings - windows, doors and glass walls - in peripheral casing) was developed for the selected residential buildings. Thermal technical characteristics of structures at the building system limit were calculated for the chosen residential buildings through the coefficient of heat transfer and structure heat resistance. Further, there was also processed their energy performance according to applicable legislation. The value of the total energy supplied, the specific energy supplied, the value of the average heat transfer coefficient and the value of non-renewable primary energy were determined. The selected residential buildings were rated. Calculations of energy performance were primarily focused mainly on energy consumption for heating. Calculated values of energy consumption for heating were assessed with the actual energy consumption measured at selected residential buildings over the last ten years, for the period 2004 - 2013. In these periods there were significant changes in energy consumption due to structural modifications of existing buildings associated with a reduction in energy intensity. Calculations of energy performance of selected buildings were modelled during changing of marginal conditions. Marginal conditions were changed in four cases. Marginal conditions were modelled to change the assignment of intensity of natural ventilation selected buildings to change the assignment of thermal storage of structures of selected buildings, to change the assignment of influence of thermal bonds in selected buildings and to change the assignment of internal temperatures of selected buildings. Subsequently deviations of the calculated values were statistically evaluated.

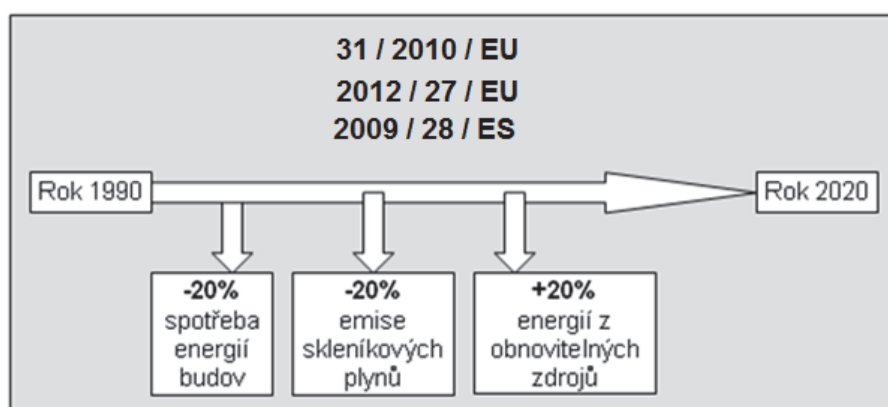
### Keywords:

Residential building, rehabilitation of residential building, slab block, energy performance of buildings, energetics of buildings, building thermal technology, marginal conditions.

# 1 ÚVOD A PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY

Snahou současné společnosti je snižování emisí skleníkových plynů v rámci ochrany životního prostředí vztahující se k tématu globálního oteplování vyvolané skleníkovým efektem. Ke snižování emisí skleníkových plynů se světové společnosti zavázaly již prostřednictvím Kjótského protokolu [33], který byl přijat v Japonsku v roce 1997. Snižování produkce skleníkových plynů je také jedním z principů udržitelného rozvoje a souvisí mimo jiné i se snižováním spotřeb energií světové společnosti. Jelikož samotné budovy spotřebovávají podstatnou část z celkové světové produkce energií, je vyvíjen tlak na snižování spotřeby energií v budovách, a to nejen v budovách nových, tak i v budovách stávajících v rámci sanací, stavebních úprav větších změn dokončených staveb.

V souvislosti s tématem snižování skutečných spotřeb energií v budovách se vyskytuje pojem energetická náročnost budovy, která je dle zákona [23] charakterizovaná jako množství energie, která je vypočtená (nikoli skutečně spotřebovaná), a je nutná k zajištění funkčnosti budovy. Do celkové energetické náročnosti budovy jsou tedy zahrnuty energie, jejichž úkolem je zajistit vytápění budovy, ohřev teplé vody pro uživatele budovy, chlazení budovy, zvlhčování vzduchu v budově, větrání v budově a osvětlení budovy.



Obrázek 1-1: Grafické znázornění motta směrnice o energetické náročnosti budov [20]

Snižování skutečných spotřeb energií v budovách je podpořeno platnou legislativou na evropské úrovni. Pro země Evropské Unie vstoupila v platnost směrnice o energetické náročnosti budov označovaná jako EPBD I [19], která musela být implementována do legislativy jednotlivých členských států. V případě České republiky se jednalo o vydání vyhlášky o energetické náročnosti budovy [24], která vstoupila v platnost 1. ledna 2009 jako prováděcí vyhláška k zákonu o hospodaření energií ve znění tehdejších předpisů [23]. Vyhláška o energetické náročnosti budov [24] s sebou přinesla nový způsob hodnocení energetické náročnosti budov, a to hodnocení z hlediska celkové spotřeby energie jako součtu energií na vytápění, ohřev teplé vody, chlazení, zvlhčování vzduchu, větrání a osvětlení. Doposud bylo zvykem v českém prostředí hodnotit budovy z hlediska energetické náročnosti podle potřeby energie na vytápění, jak je uvedeno v normách [5], [6], [7].

V roce 2010 byla evropská směrnice revidovaná a nově přepracovaná. Je označovaná jako EPBD II [20]. Přepracované vydání směrnice o energetické náročnosti budov si vytýčilo zpřísnění požadavků vedoucích k výraznému snížení spotřeby energií budovami. Motto evropských směrnic [20], [21], [22] vztahujících se k energeticko-klimatické politice je cíl 20 - 20 - 20 vyjádřených na obrázku 1-1. Evropská unie si vytýčila splnit do r. 2020 snížení spotřeby energií o 20%, snížení emisí skleníkových plynů o 20% a zvýšení podílů obnovitelných zdrojů energií z celkové výroby energií o 20%, to vše v porovnání s rokem 1990. Dalším z požadavků směrnice [20] je realizace všech novostaveb od r. 2020 jako „budovy s téměř nulovou spotřebou energie“. Evropská směrnice [20] byla implementovaná do platné legislativy ČR prostřednictvím novely zákona o hospodaření energií ve znění tehdejších změn [23] a prostřednictvím vyhlášky o energetické náročnosti budovy [25]. Další novela zákona o hospodaření energií [23] je v současné době ve schvalovacím procesu a reaguje na směrnici [21].

Tabulka 1-1: Seznam typizovaných konstrukčních soustav [26]

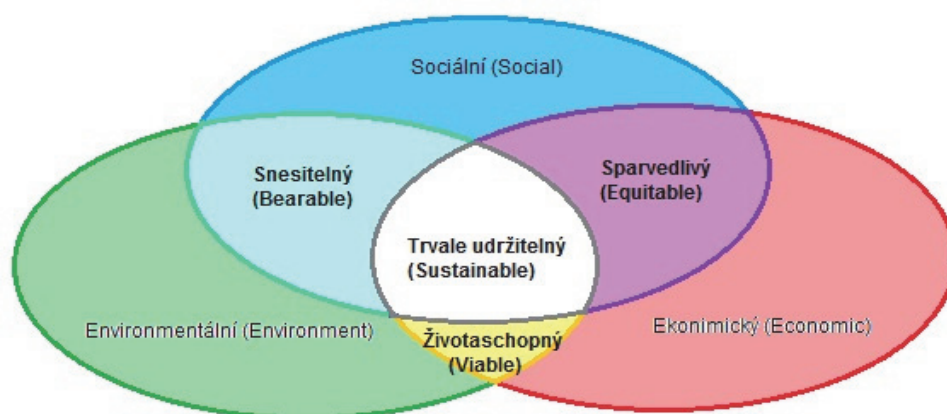
T 1	T 16	G 57	T 03 B	VO S	HK 65	BANKS
T 5	T 17	G 58	T 06 B	B 60	HK 69	OP 1.11
T 11	T 20	G 59	T 08 B	B 70	HKS 70	OP 1.13
T 12	T 22	G OS 64	T 09 B	MS Průmstav	HKS G	OP 1.21
T 13	T 42	G OS 66	B 2	PS 61	BP 70 OS	OP 1.31
T 14	T 52	T 01 B	B 4	PS 69	VVÚ ETA	T OB Nitra
T 15	G 40	T 02 B	VM OS	HK 60	Larsen & Nielsen	BANKS

Pro analýzu stavebně energetické koncepce sanace budov byly vybrány bytové domy, které pocházejí z druhé poloviny minulého století. Charakteristickým rysem období této výstavby byla realizace bytových domů metodami prefabrikace. Realizace budov spočívala v blokovém systému, ze kterého se později rozvinul blokopanelový a panelový konstrukční systém. V tabulce 1-1 je uveden seznam všech typizovaných konstrukčních soustav z období druhé poloviny minulého století realizovaných hromadnou panelovou výstavbou, jak byl uveden v [26].

Snížování spotřeb energií stávajících budov je zájmem uživatelů těchto budov, neboť snížení energetické náročnosti budovy vede ke snížení finančních nákladů na provoz budov. K dalším pozitivním důsledkům sanací budov spojených se snížením energetické náročnosti je zvýšení tepelné pohody v interiéru budov, zvýšení akustických izolačních vlastností výplní otvorů, snížení rizika vzniku plísní v interiérech a v neposlední řadě zvýšení životnosti obvodového pláště a zlepšení vzhledu.

Snížování energetické náročnosti budov je podporováno prostřednictvím dotačních titulů, mezi které lze zařadit např. programy: Zelená úsporám (již neplatná, možnost získání dotací pro bytové domy), Nová zelená úsporám [27] (současné platná, možnost získání dotací pro rodinné domy, uvažuje se do budoucna v letech 2015 - 2020 s využitím pro bytové domy), Panel (již neplatný, možnost čerpání dotací pro bytové domy), Nový Panel [28], Operační program životního prostředí.

Sanace stávajících staveb spojené se snížením energetické náročnosti budov jsou spojené se stavebními úpravami, mezi které patří: zateplováním konstrukcí na systematické hranici budovy (zateplování obvodového pláště, střechy, podlahy na terénu, podlahy nad suterénem) a výměna výplní otvorů na systematické hranici budovy (výměna oken a balkónových dveří, vstupních dveří, prosklených stěn). Pro větší změny dokončených staveb bytových domů z druhé poloviny minulého století je typické zateplování obvodových stěn a stropů s použitím kontaktních zateplovacích systémů s tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu nebo minerálních vláken. Pro zateplování plochých střech, které jsou typické pro skupinu vybraných bytových domů, se zpravidla navrhuje zateplení přidáním vrstvy tepelné izolace z pěnového polystyrenu nebo minerálních vláken jako další vrstvy na stávající skladbu střechy a osazení nové hydroizolační vrstvy. Nové výplně otvorů v obvodovém plášti se navrhuje zpravidla plastová nebo dřevěná (z europrofilů) okna a balkónové dveře. V případě vstupních dveří se při sanacích můžeme setkat s plastovými či kovovými konstrukcemi prosklenými izolačními dvojskly. Snížení energetické náročnosti bývá často spojené s úpravami systémů vytápění a systémů pro ohřev teplé vody (výměna zdrojů tepla za zdroje s vyšší účinností, doplnění stávajících zdrojů o nové zdroje - využívající obnovitelnou energii, izolace rozvodů, apod.).



Obrázek 1-2: Primární aspekty udržitelnosti [14]

Nízká spotřeba energie budovami je jedním z aspektů udržitelnosti staveb. Principem udržitelného rozvoje je skloubení tří aspektů (obrázek 1-2), a to sociálních, ekonomických a environmentálních. Nízká spotřeba energie na provoz budov předurčuje nízkou spotřebu neobnovitelné primární energie, nízkou produkci CO<sub>2</sub> (kritérium environmentální), tepelnou pohodu v letním a zimním období (kritéria sociální), nízké provozní náklady (kritérium ekonomické). Ovšem nutno zde podotknout, že zatím, v současnosti, téma ekologického citění a udržitelného rozvoje je pro většinu inverterů nezajímavé, a rozhodnutí závisí především na ekonomických aspektech.

## 2 CÍL A OBSAH DISERTAČNÍ PRÁCE

Cílem disertační práce je pomocí analýzy stavebně energetické koncepce sanace vybraných bytových domů ověřit přesnost výpočtů spojených se stanovením energetické náročnosti budov vyčíslených prostřednictvím spotřeby energie na vytápění v porovnání se skutečnými spotřebami energie. Součástí analýzy stavebně energetické koncepce sanace vybraných bytových domů je hodnocení vlivu změny zadávání okrajových podmínek na celkové výsledky hodnocení energetické náročnosti sanovaných staveb.

Provedenou analýzou bude prokázána rozdílnost vypočtených a skutečných spotřeb energie nutné pro vytápění budov. Provedenou analýzou bude prokázán výrazný vliv zadání konkrétních okrajových podmínek do výpočtu na celkové výsledné hodnoty.

Disertační práce řeší několik stěžejních částí, které jsou shrnuty do následujících bodů:

- 1 Vymezení skupiny vybraných bytových domů realizovaných v druhé polovině minulého století, u nichž v období let 2004 až 2013 došlo k celkové sanaci spojené se snížením energetické náročnosti, a to prostřednictvím zateplení konstrukcí na systémové hranici budovy a prostřednictvím výměny výplní otvorů na systémové hranici budovy.
- 2 Experimentální zjištění skutečných spotřeb energií (vyčíslených prostřednictvím celkové spotřeby energie dodané do budovy v GJ) na vytápění pro skupinu vybraných bytových domů.
- 3 Výpočet tepelně technických charakteristik konstrukcí na systémové hranici budov bytových domů (vyčíslených pomocí součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukce) a komparace vypočtených hodnot s normovým požadavkem dle [8].
- 4 Výpočet energetické náročnosti bytových domů - pomocí software [34].
- 5 Experimentální posouzení vlivu změny okrajových podmínek při hodnocení energetické náročnosti bytových domů.
- 6 Stanovení vlivu uživatelů na výslednou energetickou náročnost budov prostřednictvím změny okrajových podmínek (vnitřní teplota).
- 7 Stanovení a vyhodnocení energetické náročnosti budov prostřednictvím průkazu energetické náročnosti budovy pro vybrané bytové domy dle vyhlášky [24].
- 8 Vyhodnocení rozdílů mezi skutečně spotřebovanou energií a vypočtenými spotřebami energie pro vytápění vybraných budov.



### 3 METODY ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

Primární metodou zpracování disertační práce je provedení analýzy stavebně energetické koncepce sanace vybrané skupiny budov bytových domů. Analýza vychází z deskriptivní metody. Deskripce vybraných budov bytových domů umožnila použití numerické metody řešení disertační práce při stanovení spotřeb energie. Deskripce vybraných budov bytových domů různého konstrukčního řešení navazuje na experimentální metodu řešení disertační práce. Úkolem experimentu bylo stanovení skutečných spotřeb energií vybraných budov zjištěných za období desíti let (2004 - 2013). Vyhodnocení získaných energetických charakteristik je založeno na empirickém rozboru a identifikaci závěrečného tvrzení.

Další metodou řešení disertační práce je modelování několika variant výpočtů energetické náročnosti budov vybraných bytových domů při zadávání čtyř různých okrajových podmínek, a to: změna zadání intenzity přirozeného větrání vybraných budov, změna zadání tepelné akumulace konstrukcí vybraných budov, změna zadání vlivu tepelných vazeb u vybraných budov a změna zadání teploty vnitřního vzduchu u vybraných budov. Rovněž vyhodnocení získaných energetických charakteristik pro variantní řešení zadání okrajových podmínek je založeno na identifikaci závěrečného tvrzení.

#### 3.1 Teoretický rozbor stavebně fyzikálních jevů

Následující kapitola je zaměřena na teoretický rozbor a stručnou charakteristiku stavebně fyzikálních dějů, které probíhají ve stavebních konstrukcích vytápěných budov při rozdílných teplotách venkovního a vnitřního prostředí.

##### 3.1.1 *Teplo a šíření tepla*

Teplo je fyzikální veličina představující energii, která se vymění (přijme nebo odevzdá) při styku dvou systémů, jako důsledek teplotního rozdílu mezi nimi. Šíření tepla je děj, ke kterému dochází v případě splnění podmínky, a to rozdílné teploty v různých místech prostředí. Teplo se šíří z prostředí o vyšší teplotě, do prostředí o nižší teplotě. Teplo se může šířit třemi způsoby:

1. vedením (kondukcí),
2. prouděním (konvencí),
3. sáláním (radiací).

Především v pevných látkách (za určitých podmínek i v kapalinách a v plynech) dochází k šíření tepla vedením. Teplejší, rychle kmitající molekuly předávají svou kinetickou energii sousedním chladnějším, pomalu kmitajícím molekulám. Prouděním se šíří teplo v kapalinách a v plynných látkách, a to tak, že se částice látek pohybují a přenášejí přitom teplo. Šíření tepla sáláním lze chápat jako elektromagnetické záření, které umožňuje přenos tepla mezi tělesy, které mohou být odděleny látkovým prostředím nebo vakuem. Pro zjednodušení tepelně

technických výpočtů se předpokládá ustálený teplotní stav, stacionární, který lze matematicky vyjádřit pomocí vztahu (1).

$$\frac{d\theta}{dt} = 0 \quad (1)$$

kde:

$\theta$  [K] - teplota,

$t$  [s] - čas,

Ustálený teplotní stav zcela nevystihuje skutečnou situaci, neboť šíření tepla vedením je funkcí nejen prostorových souřadnic, ale i funkcí času (2). Dle principu šíření tepla vedením dochází k přenosu energie mezi částicemi v bezprostřední blízkosti mezi sebou a šíření tepla v pevné látce je tedy funkcí času.

$$\theta = f(x, y, z, t) \quad (2)$$

Pro pochopení procesů probíhajících ve stavebních konstrukcích je důležitý tepelný tok a hustota tepelného toku. Tepelný tok dle [29] vyjadřuje množství tepla, které se vymění mezi systémy za jednotku času. Pro tepelný tok platí vztah (3).

$$\phi = \frac{dQ}{d\tau} \quad (3)$$

kde:

$\phi$  [W] - tepelný tok,

$Q$  [J] - teplo,

$\tau$  [s] - čas.

Hustota tepelného toku dle [29] vyjadřuje množství tepelného toku, který připadá na jednotku kolmé plochy při průtoku tepla. Pro hustotu tepelného toku platí vztah (4).

$$q = \frac{d\phi}{dA} \quad (4)$$

kde:

$q$  [W/m<sup>2</sup>] - hustota tepelného toku,

$A$  [m<sup>2</sup>] - plocha.

Tepelná kapacita dle [29] vyjadřuje schopnost tělesa či soustavy přijímat teplo. Pro tepelnou kapacitu platí vztah (5).

$$K_x = \frac{dQ}{dT} \quad (5)$$

kde:

$K_x$  [J/K] - tepelná kapacita,

$Q$  [J] - teplo,

$T$  [K] - teplota.

Měrná tepelná kapacita dle [29] vyjadřuje schopnost látky tepelně jímat teplo vztažená na jednotku její hmotnosti.

Měrná tepelná kapacita je daná vztahem (6).

$$c = \frac{E}{m \cdot \Delta\theta} \quad (6)$$

kde:

$c$  [J/(kg.K)] - měrná tepelná kapacita,

$E$  [J] - energie,

$m$  [kg] - hmotnost,

$\Delta\theta$  [K] - přírůstek teploty.

### 3.1.2 Prostup tepla konstrukcí

Prostup tepla charakterizuje výměna tepla mezi povrchem konstrukcí a okolním prostředím (vzduchem) v případě rozdílných teplot okolního prostředí a konstrukce, tedy v případě, kdy je splněna podmínka (7).

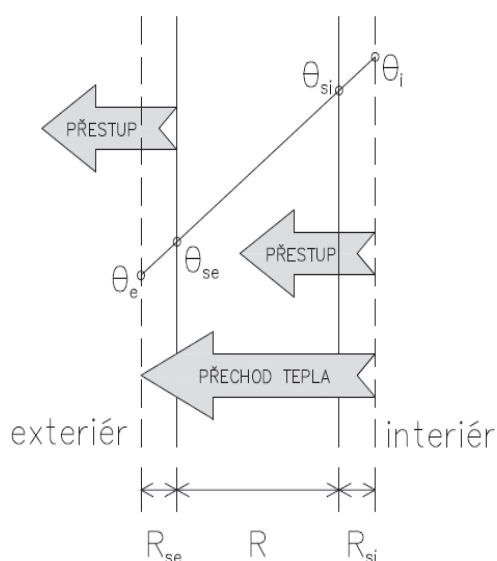
$$\theta_{si} - \theta \neq 0 \quad (7)$$

kde:

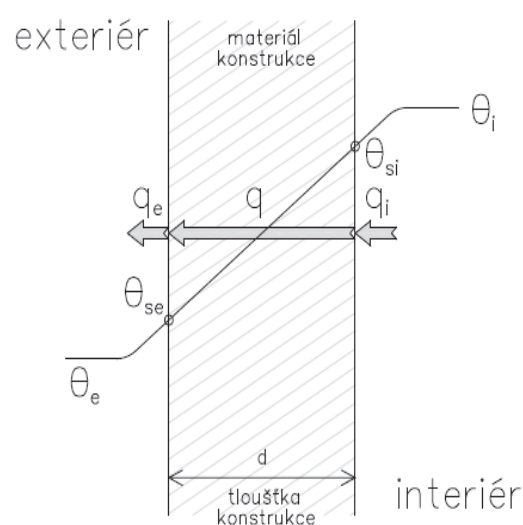
$\theta_{si}$  [K] - teplota na povrchu stěny,

$\theta$  [K] - teplota okolního prostředí,

Prostup tepla konstrukcí je znázorněn na obrázku 3-1. Průběh teplot v konstrukci při šíření tepelného toku z interiéru do exteriéru rovinou stěnou je zobrazen na obrázku 3-2.



Obrázek 3-1: Prostup tepla konstrukcí



Obrázek 3-2: Průběh teplot v konstrukci

Přechod tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce se děje prostřednictvím proudění vzduchu a sálání tepla. Samotnou konstrukcí dochází k šíření tepla vedením. Ustálený tepelný tok prostupující konstrukcemi je vyjádřen prostřednictvím součinitele prostupu tepla, případně tepelným odporem při prostupu tepla.

Součinitel prostupu tepla dle [29] vyjadřuje schopnost soustavy přenášet teplo, a to prostřednictvím jednotkové plochy. Je definován vztahem (8).

$$U = \frac{\phi}{(\theta_1 - \theta_2) \cdot A} = \frac{1}{R_T} \quad (8)$$

kde:

- $U$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - součinitel prostupu tepla,  
 $R_T$  [m<sup>2</sup>.K/W] - tepelný odpor při prostupu tepla,  
 $(\theta_1 - \theta_2)$  [K] - rozdíl teplot prostředí 1 a 2.

Vztah mezi součinitelem prostupu tepla a tepelným odporem je dle [29] vyjádřen v rovnici (9).

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{Si} + R + R_{Se}} \quad (9)$$

kde:

- $R$  [m<sup>2</sup>.K/W] - tepelný odpor konstrukce,  
 $R_{Si}$  [m<sup>2</sup>.K/W] - odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce,  
 $R_{Se}$  [m<sup>2</sup>.K/W] - odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce.

Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější a vnitřní straně konstrukce jsou uvedeny v tabulce 3-1. Z normy [15] je převzata jen část tabulky, a to ta část, která je dále využívána ve výpočtech energetické náročnosti vybraných budov bytových domů.

*Tabulka 3-1 Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější a na vnitřní straně konstrukce [15], část převzaté tabulky*

Druh konstrukce	Tvar konstrukce	Odpor při přestupu tepla [m <sup>2</sup> .K/W]
Vnější povrch stavební konstrukce	---	$R_{Se} = 0,04$
Vnitřní povrch stavební konstrukce	Svislý povrch	$R_{Si} = 0,13$
Vnitřní povrch stavební konstrukce	Vodorovný povrch (zdola nahoru)	$R_{Si} = 0,10$
Vnitřní povrch stavební konstrukce	Vodorovný povrch (shora dolů)	$R_{Si} = 0,17$

Tepelný odpor jednovrstvé konstrukce při ustáleném teplotním stavu a při jednorozměrném vedení tepla lze vyjádřit ze vztahu:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (10)$$

kde:

- $d$  [m] - tloušťka konstrukce, tloušťka jedné vrstvy,  
 $\lambda$  [W/(m.K)] - součinitel tepelné vodivosti materiálu.

Výpočet tepelného odporu resp. součinitele prostupu tepla jiné než jednovrstvé konstrukce (vícevrstvé konstrukce, konstrukce se vzduchovou mezerou, konstrukce s nehomogenní vrstvou, apod.) je složitější. Podrobnosti o tomto tématu jsou uvedeny v [30].

### 3.1.3 Okrajové podmínky

Pro stanovení energetické náročnosti budovy jsou důležité znalosti o klimatických podmínkách ve venkovním prostředí v lokalitě umístění budovy a požadavky na vnitřní prostředí v hodnocené budově.

Rozhodující klimatické podmínky mající vliv na tepelně technické výpočty jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost proudění větru, doba slunečního záření a intenzita slunečního záření. Pro výpočty energetických potřeb v daných časových obdobích, kterými mohou být např. rok, měsíc, apod., se používají průměrné hodnoty. Dalším druhem hodnot, které vstupují do tepelně technických výpočtů, jsou hodnoty extrémní, které se používají pro hodnocení konstrukcí z hlediska jejich funkční spolehlivosti.

Návrhové hodnoty parametrů venkovního prostředí jsou popsány prostřednictvím teplotních oblastí a návrhové teploty venkovního vzduchu v zimním období. Teplotní oblasti v zimním období pro Bruntál, Frýdek - Místek a Ostravu (vybrané oblasti byly zvoleny dle umístění bytových domů uvedených v tabulce ) jsou uvedeny v tabulce a vycházejí z norem [13] a [15]. Stanovení průměrné teploty venkovního vzduchu stejně jako průměrné měsíční hodnoty teplot (pro vybranou lokalitu) ve smyslu normy [17] vychází ze skutečně měřených teplot českého hydrometeorologického ústavu z období let 1961 - 2000.

Tabulka 3-2 Teplotní oblasti v zimním období pro vybrané obce [29], část převzaté tabulky

Obec / Místo	Výška nad mořem m. n. m.	Otopné období pro $\theta_{hp,e}$ (vnější teplota, při které se zahajuje vytápění) = 13 °C		Teplotní oblast	Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období $\theta_e$ [°C]	Zatížení větrem v krajině
		průměrná teplota venkovního vzduchu $\theta_{me}$ [°C]	počet dnů			
Bruntál	546	3,3	271	3	-17	zvýšené
Frýdek - Místek (Frýdlant n.O.)	300	3,8	236	2	-15	zvýšené
Ostrava	217	4,0	229	2	-15	normální

Návrhové hodnoty parametrů vnitřního prostředí jsou popsány pomocí návrhové vnitřní teploty v zimním období a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu. V tabulce jsou uvedeny parametry pro prostory, se kterými se můžeme setkat při posuzování obytných budov (bytových domů a rodinných domů).

*Tabulka 3-3 Návrhová vnitřní teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu [15], část převzaté tabulky*

Druh místnosti s požadovaným vnitřním prostředím	Návrhová vnitřní teplota v zimním období $\theta_i$ [°C]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i$ [%]
Obývací místnosti (pokoje, kuchyně)	20	50
Koupelny	24	$\varphi^*$
Vytápěné vedlejší místnosti (chodby, předsíně)	15	50
Vytápěná schodiště	10	50

*Vysvětlivky:  $\varphi^*$  - relativní vlhkost vnitřního vzduchu, která se stanoví prostřednictvím střední hodnoty z celodenního časového úseku vnitřního prostředí daného vnitřního dějství*

### 3.1.4 Spotřeba energie na vytápění

Jedním z cílů této disertační práce je vyhodnocení rozdílů mezi skutečně spotřebovanými energiemi a vypočtenými spotřebami energie pro vytápění vybraných budov bytových domů.

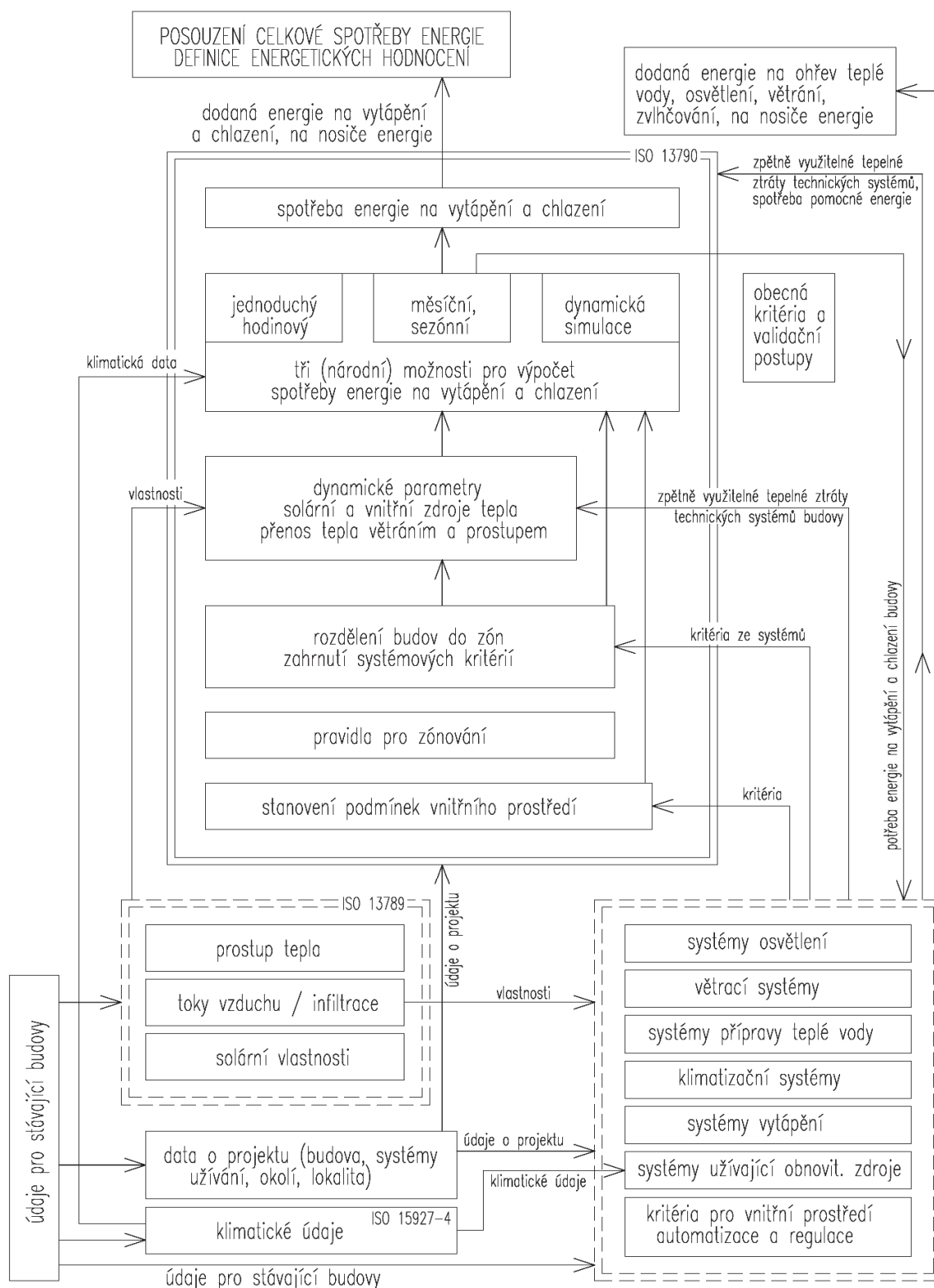
Numerický výpočet spotřeby energie na vytápění je vyjádřený prostřednictvím vývojového diagramu na obrázku 3-3. Praktické řešení stanovení energetické náročnosti budov (včetně spotřeb energie na vytápění) bývá řešeno prostřednictvím výpočtových programů: software [34], [35] nebo [36].

Vstupními údaji pro stanovení spotřeby energie na vytápění pro konkrétní budovu jsou: vlastnosti konstrukcí vztahující se k prostupu tepla a větrání, klimatické údaje vztahující se k lokalitě umístění budovy, tepelné zisky z vnitřních zdrojů včetně tepelných zisků vztahujících se k slunečnímu záření, popis budovy (geometrické charakteristiky budovy, popis technických systémů budovy a způsob užívání budovy), požadavky na vnitřní prostředí (intenzita větrání a vnitřní teplota) a údaje týkající se systému vytápění (zónování budovy). Výstupními údaji jsou roční spotřeba energie na vytápění a délka otopného období.

Struktura výpočtu daná v bodech dle [16] obsahuje:

- výběr výpočtové metody (kvazistacionární metody - sestávající tepelnou bilanci pro dlouhý časový interval, dynamické metody - sestávající tepelnou bilanci pro krátký časový interval),
- definice hranic prostorů, definice výpočtových zón (zónou se rozumí ucelená část budovy, která je charakterizovaná shodným vnitřním provozem (teplotou, větráním, chlazením apod.),
- definice vnitřních výpočtových podmínek a definice venkovního prostředí,
- výpočet potřeby energie na vytápění (potřeba energie je teplo dodané do prostoru za účelem udržení zamýšlených teplotních podmínek v prostoru během daného časového období),

- výpočet spotřeby energie na vytápění (spotřeba energie je energie vstupující do systému vytápění, která kryje potřebu tepla),
- výpočte délky období pro vytápění.



Obrázek 3-3: Vývojový diagram postupu výpočtu spotřeby energie na vytápění [16]

Potřeba energie při nepřerušovaném vytápění (které se předpokládá u provozu bytových domů) pro případ měsíční metody výpočtu, kterou podmiňuje platná legislativa [25] se vypočte dle vztahu:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - H_{,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad (11)$$

kde:

$Q_{H,nd,cont}$  [MJ] - potřeba energie budovy na nepřerušované vytápění, předpokládaná vyšší nebo rovna nule,

$Q_{H,ht}$  [MJ] - celkové množství přeneseného tepla v režimu vytápění,

$Q_{H,gn}$  [MJ] - celkové tepelné zisky v režimu vytápění,

$H_{,gn}$  [ - ] - faktor využitelnosti tepelných zisků.

### **3.1.5 Požadavky platné legislativy pro hodnocení budov z hlediska energetické náročnosti**

Hodnocení energetické náročnosti budovy vychází z posouzení skutečné a referenční budovy. Referenční budova je dle [25] stejná jako posuzovaná budova, s totožnými geometrickými vlastnostmi, orientací ke světovým stěnám, se stejnou velikostí prosklených částí, stejně zastíněná, se stejným užíváním a stejnými klimatickými údaji jako posuzovaná budova, ovšem s referenčními parametry vlastností budovy - jejich konstrukcí a systémů. Požadavky na energetickou náročnost dle vyhlášky [25] vycházejí z hodnocení ukazatelů energetické náročnosti. Tito ukazatelé jsou výpočtem stanovené hodnoty na základě znalosti skutečného stavu budovy či skutečného návrhu budovy. Nejedná se o měřené parametry budovy. Ukazatelů je definováno celkem sedm. Jsou to:

1. celková primární energie za rok,
2. neobnovitelná primární energie za rok,
3. celková dodaná energie za rok,
4. dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody a osvětlení za rok,
5. průměrný součinitel prostupu tepla,
6. součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
7. účinnost technických systémů.

Celková primární energie za rok je součtem neobnovitelné primární energie a obnovitelné primární energie. Primární energie dle [25] je taková energie, která doposud neprošla doposud žádnou proměnou (např. energie uložená v ložiscích uhlí, ropy, zemního plynu, apod.).

Celková primární energie (stejně tak i neobnovitelné primární energie) se stanoví jako součet součinů dodané energie dle rozdělení příslušných energonositelů a faktorů primární energie (faktorů neobnovitelné primární energie). Faktorem primární energie je součinitel pevně tabulkově stanovený. Pro Českou republiku platí faktory uvedené v tabulce .



Tabulka 3-4 hodnoty faktorů primární energie a neobnovitelné primární energie [25]

energonositel	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie
Zemní plyn	1,1	1,1
Černé uhlí	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan / LPG	1,2	1,2
Topný olej	1,2	1,2
Elektřina	3,2	3,0
Dřevěné pelety	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí	1,0	0,0
Dodávka elektřiny mimo budovu	-3,2	-3,0
Dodávka tepla mimo budovu	-1,1	-1,0
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším podílem obnovitelných zdrojů než 80%	1,1	0,1
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším podílem obnovitelných zdrojů než 50% a nejvyšším podílem max. 80%	1,1	0,3
Soustava zásobování tepelnou energií s 50% a nižším podílem obnovitelných zdrojů	1,1	1,0
Ostatní energonositele	1,2	1,2

Celková dodaná energie za rok dle [25] je součtem spotřeby energie dané výpočtem a pomocné energie nutné pro provoz systémů budovy. Výpočet se provede výpočtovou metodou s intervalem výpočtu nejvýše 1 měsíc. Dílčí dodané energie do jednotlivých systémů v celkovém součtu tvoří celkovou dodanou energii. Jsou rozlišovány dílčí dodané energie na vytápění a chlazení, dílčí dodané energie na větrání, dílčí dodané energie na úpravu vlhkosti vzduchu, dílčí dodané energie na přípravu teplé vody a dílčí dodané energie na osvětlení. Do celkové dodané energie se nezapočítává energie nutná pro výrobu tepla a elektřiny dodávané mimo budovu.

Průměrný součinitel prostupu tepla dle [29] popisuje šíření tepla budovou. Definiční vztah určující výpočet tohoto parametru je vyjádřen v rovnici

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad (12)$$

kde:

$U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - průměrný součinitel prostupu tepla budovy,

$H_T$  [W/K] - měrná ztráta prostupem tepla budovy, nebo její ucelené části,

$A$  [m<sup>2</sup>] - celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí ohraničující objem budovy nebo její ucelené části.

Norma [8] požaduje splnění podmínky pro průměrný součinitel prostupu tepla vyjádřený ve vztahu

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (13)$$

kde:

$U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - průměrný součinitel prostupu tepla budovy,

$U_{em,N}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - normou požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla budovy.

Normová hodnota  $U_{em,N}$  pro převažující návrhovou vnitřní teplotu v rozmezí 18 °C až 22 °C se označuje  $U_{em,N,20}$  a stanovuje se dle vztahu , přičemž platí tabulka 3-5.

$$U_{em,N,20} = \sum \frac{(U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j)}{A_j} + 0,02 \quad (14)$$

kde:

$U_{N,j}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - odpovídající normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce,

$A_j$  [m<sup>2</sup>] - plocha j-té teplosměnné konstrukce,

$b_j$  [-] - teplotní redukční činitel odpovídající j-té teplosměnné konstrukci.

Tabulka 3-5 Požadované hodnoty  $U_{em,N,20}$  pro novostavby a ostatní budovy [8]

	Požadované hodnoty $U_{em,N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	
Nové budovy	rovnice , maximálně 0,50	
Ostatní budovy	rovnice , maximálně hodnota dle objemového faktoru tvaru budovy:	
	$\frac{A}{V} \leq 0,2$	$U_{em,N,20} = 1,05$
	$\frac{A}{V} > 1$	$U_{em,N,20} = 0,45$
	pro ostatní hodnoty $\frac{A}{V}$	$U_{em,N,20} = 0,30 + 0,15 \cdot \frac{A}{V}$

Ovšem jiný požadavek vyjadřuje vyhláška [25], která hodnotí skutečnou budovu v porovnání s referenční budovou.

Tabulka 3-6 Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla [25]

	Referenční hodnota		
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $f_R$ [m <sup>2</sup> ]	Dokončená budova a její změna	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
	1,0	0,8	0,7

Vztah pro referenční hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla je uveden v rovnici (15). Podstatou rozdílu je redukční činitel označovaný  $f_R$ . Redukční činitel dosahuje hodnot uvedených v tabulce .

$$U_{em,N,20,R} = f_R \cdot \left[ \sum \frac{(U_{N,20,j} \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum A_j} + \Delta U_{em,R} \right] \quad (15)$$

kde:

- $f_R$  [m<sup>2</sup>] - redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla,
- $U_{N,20,j}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce,
- $A_j$  [m<sup>2</sup>] - plocha j-té teplosměnné konstrukce,
- $b_j$  [-] - teplotní redukční činitel odpovídající j-té teplosměnné konstrukci,
- $\Delta U_{em,R}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - přírážka na vliv tepelných vazeb.

Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí a jejich princip stanovení jsou výše popsány v kapitole Prostup tepla konstrukcí. Stanovené hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí jsou posuzovány s normou požadovanými hodnotami označovanými  $U_N$ , přičemž požadované hodnoty pro převažující návrhovou vnitřní teplotu v rozmezí 18 °C až 22 °C jsou uvedeny v tabulce 3 normy [8].

Účinnost technických systémů pro vytápění budovy, chlazení budovy, větrání budovy, zvlhčování a odvlhčování vzduchu v budově, osvětlení v budově a přípravu teplé vody v budově se posuzuje výpočtem dle příslušných platných českých technických norem.

### 3.1.6 Tepelné vazby mezi konstrukcemi

Pro hodnocení energetické náročnosti budovy je důležitá znalost nejen skladby konstrukcí na systémové hranici budovy, ale i znalost tepelných vazeb mezi těmito konstrukcemi. V místě tepelných vazeb, tedy při styku konstrukcí mezi sebou, může docházet k navýšení tepelného toku. Toto navýšení se numericky hodnotí pomocí lineárního činitele prostupu tepla (lineární vazby) a bodového činitele prostupu tepla (bodové vazby).

Započtení vlivu tepelných vazeb do hodnocení energetické náročnosti budov dle vyhlášky [25], lze řešit dvěma způsoby. Připouští se zahrnutí vlivu tepelných vazeb do výpočtu přibližně (pomocí přírážky na vliv tepelných vazeb) nebo přesně pomocí zadání konkrétních lineárních a bodových činitelů prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi.

Přibližné zadání vlivu tepelných vazeb vychází z průměrného vlivu tepelných vazeb mezi konstrukcemi na systémové hranici budovy dle normy [9], která připouští hodnoty uvedené v tabulce 3-7.

*Tabulka 3-7 Hodnoty průměrného vlivu tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi na systémové hranici budovy dle [9]*

Typ řešení tepelných vazeb	$\Delta U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Budovy s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami (obvyklá hodnota pro novostavby)	0,02
Budovy s mírnými tepelnými vazbami	0,05
Budovy s běžnými tepelnými vazbami	0,1

Přesný výpočet musí zahrnovat do výpočtu všechny významné lineární a bodové vazby. Jedná se především o tyto styky konstrukcí: styky obvodových stěn v rozích, styk obvodové stěny se základem, styk obvodové stěny se střechou (štítý, pozednice), styk výplní otvorů se stěnou (resp. střechou). Hodnoty lineárních a bodových činitelů se stanovují dle normy [9] nebo je možné je převzít z katalogu tepelných mostů [32].

Stanovení lineárního činitele prostupu tepla vychází ze vztahu:

$$\psi = L^{2D} - \sum U_j \cdot b_j \quad (16)$$

kde:

$L^{2D}$  [W/(m.K)] - lineární tepelná propustnost určená dle normy [18] dle výpočtu dvojrozměrného teplotního pole geometrického modelu styku konstrukcí se sledovanou lineární tepelnou vazbou nebo tepelným mostem,

$U_j$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] - součinitel prostupu tepla j - tou konstrukcí styku,

$b_j$  [m] - rozměr j- té konstrukce styku.

### 3.2 Volba a deskripce budov bytových domů

Pro zpracování disertační práce byly zvoleny bytové domy, které byly realizovány v druhé polovině minulého století. Vybrané budovy bytových domů, jsou uvedeny v tabulce . Pro analýzu byly vybrány budovy realizované v různých konstrukčních řešeních se čtyřmi až osmi nadzemními podlažími. Volba seřazení bytových domů je dána vzestupně, a to dle velikosti energeticky vztažné plochy.

*Tabulka 3-8 Seznam vybraných budov pro analýzu stavebně energetické koncepce sanace bytových domů*

Číslo	Konstrukční soustava	Rok	Adresa budovy
1	T 02 B	1970	Poštovní číslo 1369, Frýdlant nad Ostravicí
2	G 57	1967	Frýdlantská číslo 1746, Frýdek - Místek
3	T 06 B	1981	Nerudova číslo 701, Frýdlant nad Ostravicí
4	OP 1.11	1984	Dělnická číslo 1593 / 4, Bruntál
5	(zděný dům)	1968	Hlavní číslo 1343, Frýdlant nad Ostravicí
6	HK 60	1967	Slavíkova číslo 1750 / 26, Ostrava - Poruba
7	BP 70 OS	1979	Janáčkova číslo 1441 a 1442, Frýdlant nad Ostravicí

Typizované konstrukční soustavy bytových panelových domů byly popsány v [31]. Popisy systémů vycházely z celostátního řešení včetně krajových variant řešení jednotlivých soustav. Pro tuto disertační práci jsou vybrány konkrétní příklady bytových domů, jež jsou popsány v následujících kapitolách 3.1.1 až 3.1.7. Deskripce bytových domů je zaměřena na konstrukce, které tvoří systémovou hranici budovy, a na popis energetických systémů, a to z důvodu hodnocení energetické náročnosti budovy.

Byly vybrány budovy různého konstrukčního řešení, u nichž v minulosti (v období let 2004 - 2013) došlo ke stavebním úpravám stávajícího stavu spojených se zateplením konstrukcí a výměnou výplní otvorů na systémové hranici budovy. Tato volba vycházela ze snahy porovnání spotřeb energií před a po provedení stavebních úprav vedoucích ke snížením energetické náročnosti.

Volba těchto bytových domů vycházela z teoretického rozboru skutečného souboru bytových domů, jelikož v druhé polovině minulého století vznikaly bytové domy převážně v ucelených konstrukčních soustavách, je patrné použití výsledků disertační práce i pro jiné, než konkrétně vybrané budovy.

### **3.2.1 Bytový dům konstrukční soustavy T 02 B**

Vybranou budovou pro analýzu je bytový dům na ulici Poštovní číslo 1369 ve Frýdlantu nad Ostravicí. Jedná se o bytový dům realizovaný v roce 1970 v konstrukční soustavě T 02 B.

Jedná se o bytový dům se čtyřmi nadzemními podlažími a jedním podzemním podlažím. Budova je samostatně stojící. Pohled na vybranou budovu je znázorněn na obrázku a. V bytovém domě se nachází 12 bytových jednotek v 1. až 4. nadzemním podlaží. V podzemním podlaží se nachází domovní vybavení. K vertikální dopravě slouží dvouramenné schodiště, v budově není osobní výtah.



Obrázek 3-4: Jižní průčelí bytového domu



Obrázek 3-5: Východní průčelí bytového domu

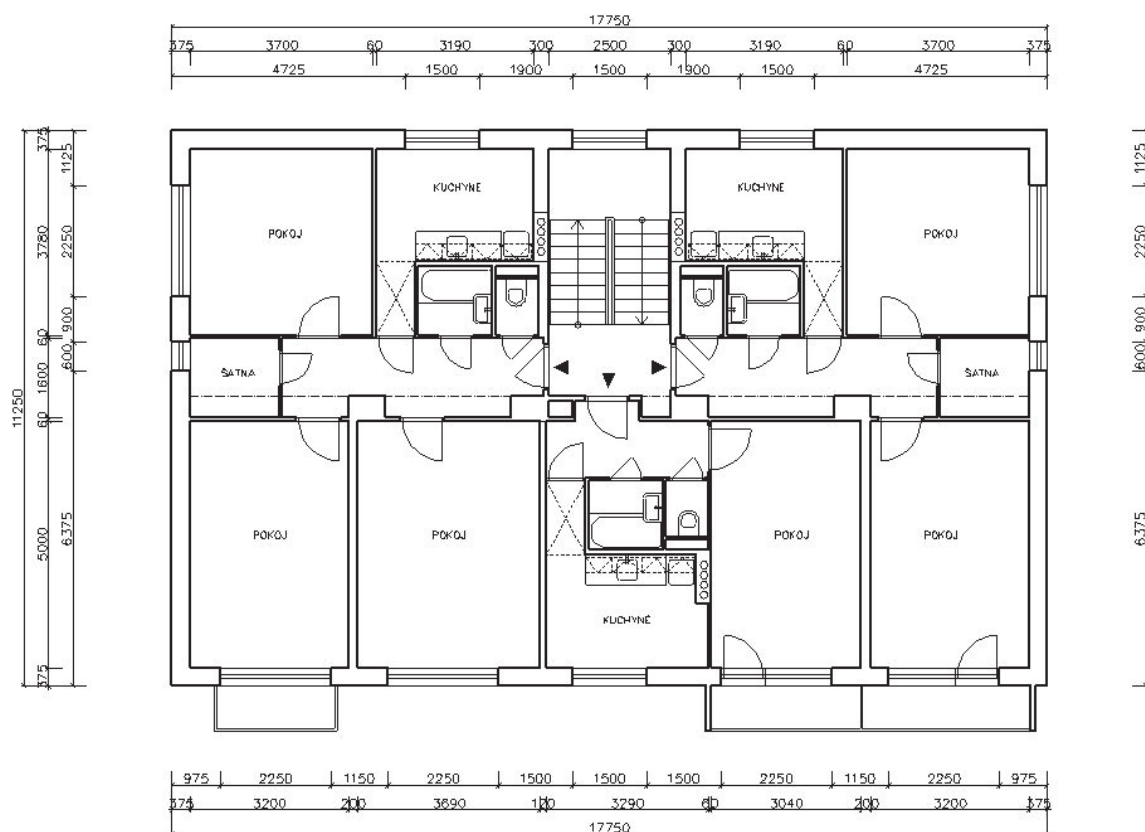
Konstrukční soustava T 03 B je soustava realizovaná blokopanelovou technologií. Soustava má střední podélnou nosnou

stěnu nahrazenou pilíře o rozměrech 0,75 x 0,5 m. Konstrukční výška podlaží je 3 m.

Výkresová dokumentace budovy bytového domu je archivována u zpracovatele disertační práce. Na obrázku je znázorněn půdorys typického podlaží.

Obvodový plášť bytového domu tvoří blokopanely ze struskopemzobetonu tloušťky 0,375 m a 0,3 m s oboustrannými omítkami. V roce 2007 došlo k zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu EPS 70 F v tloušťce 0,1 m.

Střecha je jednoplášťová plochá, spádovaná k vnitřním střešním vtokům. Původní skladba střechy je tvořena železobetonovým stropním panelem tloušťky 0,215 m, škvárovým násypem ve spádu tloušťky 0,05 až 0,16 m, pískovým ložem tloušťky 0,015 m, tepelnou izolací z pěnosilikátových desek tloušťky 0,1 m a hydroizolačním souvrstvím. Střecha byla dodatečně zateplena v roce 2007 tepelnou izolací z pěnového polystyrenu v tloušťce 0,1 m s následným položením nové hydroizolační vrstvy.



Obrázek 3-6: Půdorys typického podlaží bytového domu

Podlahy bytů nad suterénem jsou v celkové tloušťce 0,1 m ve skladbě: na stropním železobetonovém panelu tloušťky 0,215 m je násyp z písku tloušťky 0,01 m, tepelná izolace ze skelné rohože tloušťky 0,015 m, lepenka A 500 H, vyrovnávací cementový potěr tloušťky 0,05 m a nášlapná vrstva z dřevěných vlýsů tloušťky 0,019 m do asfaltového tmele, alternativně povlak z PVC, či keramická dlažba.

Výplně otvorů v obvodovém plášti jsou tvořeny jednoduchými plastovými okny a balkónovými dveřmi prosklenými izolačními dvojskly, které byly osazeny nejpozději v roce 2007 a nahradily původní dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře v bytech a ve schodištích (některé výplně otvorů byly měněny již dříve). Původní dřevěné dveře prosklené jedním sklem ve vstupu byly nahrazeny jednoduchými plastovými dveřmi prosklenými izolačním dvojsklem.

Bytový dům je napojen na sekundární rozvody distributora tepla, firmy TERMO Frýdlant n. O. s.r.o. Do domu je přivedena centrálně ekvitermně regulovaná topná větev ÚT. Centrální regulační zařízení je umístěno v blokové kotelně distributora tepla. Napojovací uzel je umístěn v prostorech prvního podzemního podlaží. V napojovacím uzlu je umístěn měřič tepla pro vytápění. Otopná soustava je původní. V bytech jsou instalována litinová článková otopná tělesa. Vybavena jsou regulačními ventily s termostatickými hlavicemi a poměrovými měřiči. Teplá voda pro každou bytovou jednotku se připravuje zvlášť, a to prostřednictvím plynového průtokového ohřívače. Větrání budovy je přirozené, je přímo závislé na chování uživatele. Předpokládá se intenzita přirozené výměny vzduchu v zóně  $n = 0,3 \text{ 1/h}$ . V bytovém domě je instalován pouze systém nuceného větrání pro hygienická zařízení, který je ovládán potřebou uživatelů. Osvětlení objektu je v souladu s hygienickými požadavky.

### **3.2.2 Bytový dům konstrukční soustavy G 57**

Pro analýzu byla vybrána budova na ulici Frýdlantská číslo popisné 1746 ve Frýdku - Místku. Budova bytového domu byla realizovaná v konstrukční soustavě G 57 (v krajové variantě G 57 - OS) v roce 1967. Jedná se o bytový dům se šesti nadzemními podlažními a jedním podzemním podlažím. Budova je tvořena jednou sekcí konstrukční soustavy, které severozápadním štítem navazují na další sekci soustavy (Frýdlantská číslo 1745). Pohled na vybranou budovu je znázorněn na obrázku a . V bytovém domě je umístěno 18 bytových jednotek, které jsou umístěny v nadzemních podlažích. V podzemním podlaží se nachází domovní vybavení, napojovací uzly sítí a sklepní boxy. K vertikální dopravě slouží dvouramenné schodiště a osobní výtah.

Výkresová dokumentace posuzovaného bytového domu je archivována u zpracovatele disertační práce. Na obrázku je znázorněn půdorys typického podlaží jedné sekce posuzovaného bytového domu.

**Konstrukční soustava G 57** je typizovaná soustava s příčně nosným montovaným stěnovým systémem realizovaným v jednotném modulu 3,6 metrů. Konstrukční výška podlaží je 2,85 metrů.

Obvodový plášť budovy tvoří struskopemzobetonové panely tloušťky 0,27 m, boční stěny zapuštěných lodžii jsou tvořeny struskobemzobetonovým panel tloušťky 0,2 m. V roce 2002 došlo k zateplení štítové stěny kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací z pěnového polystyrenu tloušťky 0,08 m. V roce 2010 došlo ke stržení stávajícího zateplení a nově byl zateplen celý obvodový plášť



kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací v tloušťce 0,120 m z desek pěnového polystyrenu EPS 70 F a minerálních vláken MW, dle požadavků požární bezpečnostního řešení stavby.

Střecha je jednoplášťová plochá, spádovaná k vnitřním střešním vtokům. Původní skladba střechy je tvořena železobetonovým stropním plným panelem tloušťky 0,1 m, škvárovým násypem ve spádu, tepelnou izolací z plynosilikátových desek tloušťky 0,1 m a hydroizolačním souvrstvím. V roce 2010 byla střecha opět dodatečně zateplena v rámci aplikace nového hydroizolačního souvrství. Nová tepelná izolace pod střešní krytinu byla navržena z pěnového polystyrenu EPS 100 S v tloušťce 0,15 m.



Obrázek 3-7: Severovýchodní průčelí bytového domu



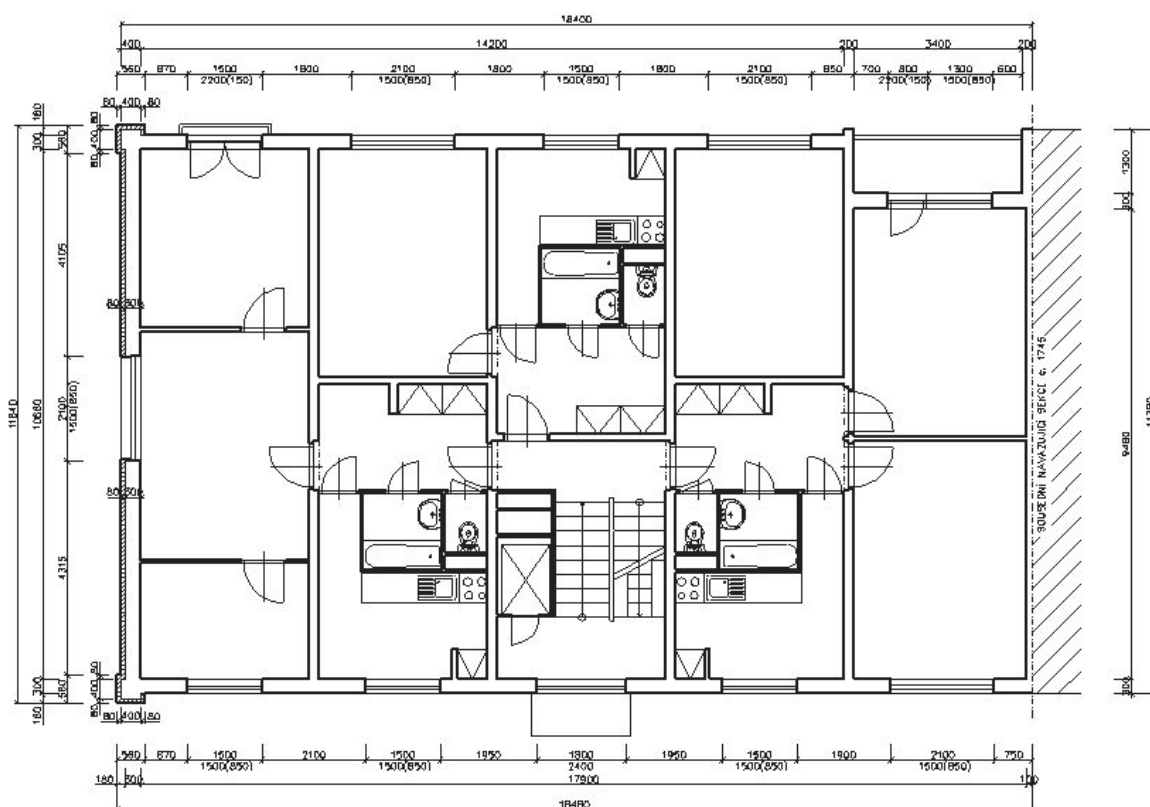
Obrázek 3-8: Jihovýchodní štítová stěna bytového domu

Podlahy bytů nad suterénem jsou realizovány ve skladbě: na stropním železobetonovém panelu tloušťky 0,1 m je struskový písek tloušťky 0,04 m, lepenka A 500 H, dřevotřískové desky tloušťky 0,02 m a nášlapná vrstva z dřevěných vlýsů do asfaltového tmele, alternativně povlak z PVC.

Výplně otvorů v obvodovém plášti jsou tvořeny jednoduchými plastovými okny a balkónovými dveřmi prosklenými izolačními dvojskly, které byly osazeny průběžně dle možností jednotlivých uživatelů nejpozději však v roce 2010 a nahradily původní dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře. Ve schodišti jsou osazena jednoduchá plastová okna prosklená izolačním dvojsklem, která byla měněna v průběhu sanace budovy v roce 2010. Původní schodišťové prosklené stěny byly vybourány a otvory byly zmenšeny vyzdívkami ze systému Ytong



Bytový dům je napojen na sekundární rozvody distributora tepla, firmy Teplárny Frýdek - Místek, Dalkia Česká republika, a.s. Do domu je přivedena centrálně ekvitermně regulovaná topná větev ÚT. Napojovací uzel je umístěn v prostorech prvního podzemního podlaží. V napojovacím uzlu je umístěn měřič tepla pro vytápění. Otopná soustava je původní. V bytech jsou instalována litinová článková otopná tělesa. Vybavena jsou regulačními ventily s termostatickými hlaviciemi a poměrovými měřiči.



*Obrázek 3-9: Půdorys typického podlaží bytového domu*

### 3.2.3 Bytový dům konstrukční soustavy T 06 B

Pro analýzu byl vybrán bytový dům na ulici Nerudova číslo 701 ve Frýdlantu nad Ostravicí. Budova bytového domu byla dokončena v roce 1981. Jedná se o bytový dům s osmi nadzemními podlažními a 1 podzemním podlažím. Bytový dům tvoří jednu sekci konstrukční soustavy a západním štítem navazuje na sousední sekci

(bytový dům na ulici Nerudova číslo 702). Pohled na vybranou budovu je znázorněn na obrázku a . V bytovém domě je umístěno 23 bytových jednotek, které se nacházejí v 2. až 9. nadzemním podlaží. V 1. nadzemním podlaží se nachází domovní vybavení, sklepní boxy a napojovací uzly sítí. Pro vertikální dopravu slouží dvouramenné schodiště a osobní výtah.

Výkresová dokumentace budovy bytového domu je archivována u zpracovatele disertační práce. Na obrázku je znázorněn půdorys typického podlaží bytového domu.



Obrázek 3-10: Jihozápadní nároží bytového domu



Obrázek 3-11: Severovýchodní nároží bytového domu

**Konstrukční soustava T 06 B** (krajová varianta T 06 B - OS R) je panelový, příčně nosný stěnový konstrukční systém realizovaný v jednotném modulu 3,6 m. Konstrukční výška podlaží je 2,8 m.

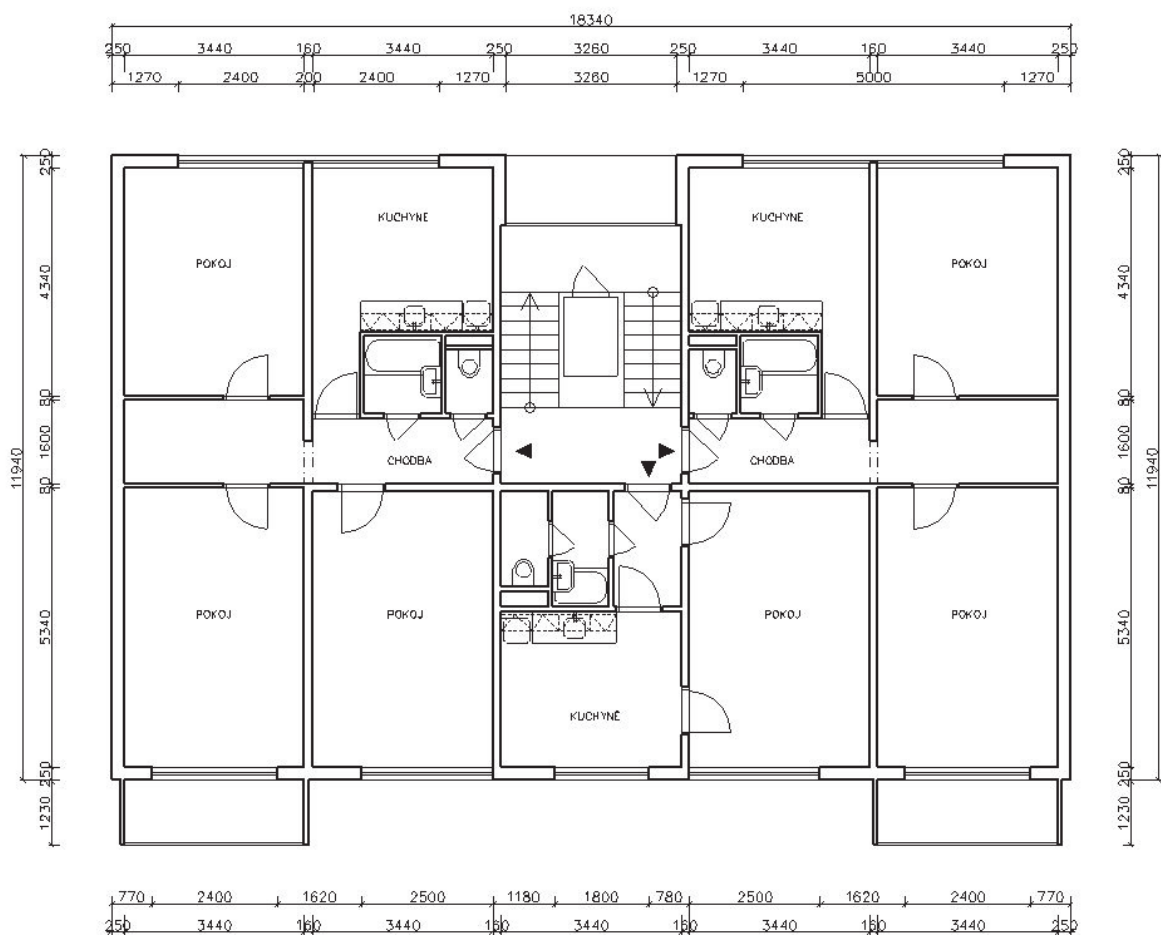
Obvodový plášť bytového domu je kompletizovaný včetně povrchové úpravy. Ve štítech se nacházejí panely ze struskopemzobetonu tloušťky 0,375 m a v průčelích jsou plynosilikátové panely tloušťky 0,24 m. V roce 1998 byl opatřen štít kontaktním zateplovacím systémem s telenou izolací z pěnového polystyrenu tloušťky 0,7 m. V roce 2007 došlo k zateplení průčelí bytového domu kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu EPS 70 F v tloušťce 0,1 m.

Střecha je jednoplášťová plochá, spádovaná k vnitřním střešním vtokům. Původní skladba střechy je tvořena železobetonovým stropním plným panelem tloušťky 0,15 m, na němž je násyp ze zpevněné strusky ve spádu tloušťky 0,05 - 0,2 m, tepelná izolace z desek Heraklit tloušťky 0,05 m, další vrstvu tvoří desky z kaširovaného polystyrenu tloušťky 0,05 m a hydroizolační souvrství. Střecha byla v roce 2007 dodatečně zateplena, v rámci aplikace nového hydroizolačního souvrství. Nová tepelná izolace pod střešní krytinu byla navržena z pěnového polystyrenu EPS 100 S v tloušťce 0,1 m.

Strop nad suterénem je tvořen železobetonovým stropním panelem tloušťky 150 mm, na němž je vyhlazovací hmota a vrstva PVC (alternativně nová podlahová krytina dle záměrů obyvatel jednotlivých bytových jednotek). Stropní konstrukce je

zateplen na ze strany 1. podzemního podlaží tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu tloušťky 0,04 m.

Výplně otvorů v obvodovém plášti jsou tvořeny jednoduchými plastovými okny a balkónovými dveřmi prosklenými izolačními dvojskly, které byly osazeny v roce 2007 a nahradily původní dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře v bytech a ve schodišti. V rámci sanace budovy v roce 2007 došlo ke zmenšení otvorů vstupních dveří dozdívkou z tvárnic Ytong tloušťky 0,25 m a byly osazeny nové vstupní dveře kovové s přerušeným tepelným mostem.



Obrázek 3-12: Půdorys typického podlaží bytového domu

Bytový dům je napojen na sekundární rozvody distributora tepla, firmy TERMO Frýdlant nad Ostravicí s.r.o. Do domu je přivedena centrálně ekvitermně regulovaná topná větev ústředního topení. Centrální regulační zařízení je umístěno v blokové kotelně distributora tepla. Napojovací uzel je umístěn v prostorech prvního podzemního podlaží. V napojovacím uzlu je umístěn měřič tepla pro vytápění. Otopná soustava je původní. V bytech jsou instalována litinová článková otopná tělesa. Vybavena jsou regulačními ventily s termostatickými hlavicemi a poměrovými měřiči. Topnou vodu s přívodní teplotou až 80 °C lze upravovat na teplou vodu 55 °C (v denním režimu) a 45 °C (v nočním režimu). Větrání budovy je přirozené, je přímo závislé na chování uživatele. Předpokládá se intenzita přirozené výměny vzduchu v zóně  $n = 0,3$  1/h. V bytovém domě je instalován pouze

systém nuceného větrání pro hygienická zařízení, který je ovládán potřebou uživatelů. Osvětlení objektu je v souladu s hygienickými požadavky.

### 3.2.4 Bytový dům konstrukční soustavy OP 1.11

Další vybranou budovou pro analýzu je bytový dům na ulici Dělnická číslo 1593 / 4 v Bruntálu. Jedná se o bytový dům realizovaný v roce 1984 v konstrukční soustavě OP 1.11.

Posuzovaná budova je středovou sekcí celého obytného bloku na bytových domů na ulici Dělnická číslo popisné 2 až 6. Posuzovaná budova bytového domu je tvořena osmi nadzemními podlažími a jedním podzemním podlažím. V bytovém domě je umístěno 23 bytových jednotek. Budova navazuje na východní a západní straně na navazující sekce bytového domu. Pohled na vybranou budovu je znázorněn na obrázku a . V podzemním podlaží se nachází domovní vybavení. K vertikální dopravě slouží dvouramenné schodiště a osobní výtah.



Obrázek 3-13: Severní průčelí bytového domu



Obrázek 3-14: Jižní průčelí bytového domu

Výkresová dokumentace posuzovaného bytového domu je archivována u zpracovatele disertační práce. Na obrázku je zobrazen půdorys typického podlaží bytového domu.

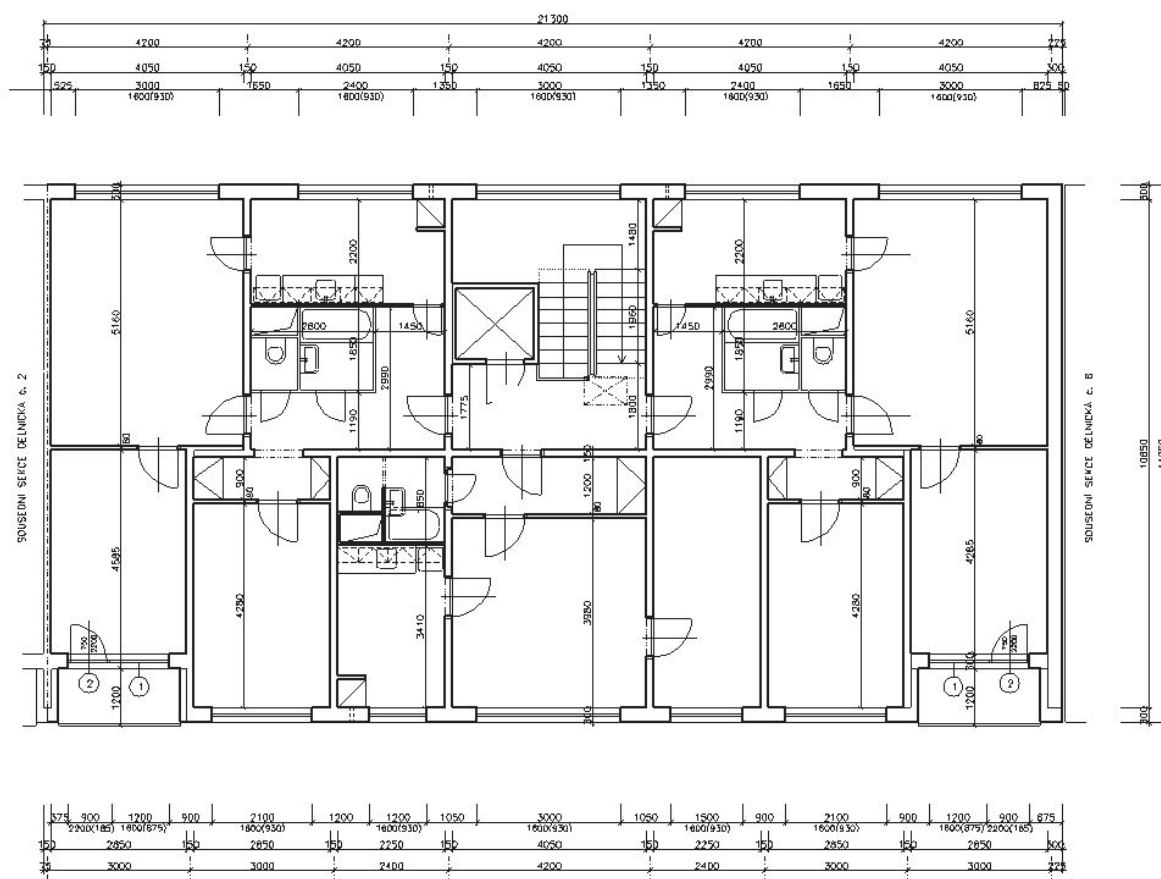
Konstrukční soustava OP 1.11 má obousměrný konstrukční systém tvořený z podélných a příčných nosných stěn v rozpětích 2,4; 3,0 a 4,2 metrů. Konstrukční výška podlaží je 2,8 metrů.

Obvodový plášť tvoří sendvičové panely v tloušťce 0,3 m (ve štítech a průčelích 1. až 8. nadzemního podlaží) a 0,25 m (ve štítech a průčelích 1. podzemního podlaží).



Kompletizované sendvičové panely tloušťky 0,3 m jsou tvořeny vnitřní vrstvou železobetonu tloušťky 0,14 m, středovou vrstvou z pěnového polystyrenu tloušťky 0,08 m a vnější železobetonovou vrstvou tloušťky 0,08 m. V roce 2007 byla budova bytového domu dodatečně zateplena kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu EPS 70 F tloušťky 0,1 m (pro obvodový plášť) a 0,06 m (v lodžiích).

Střecha je jednoplášťová plochá nepochůzí, spádovaná k vnitřnímu střešnímu vtoku. Původní skladba střechy je tvořena železobetonovým stropním panelem tloušťky 0,15 m, spádovou vrstvou ze štěrkopísku tloušťky 0,02 až 0,06 m, tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu tloušťky 0,05 m a porsidu tloušťky 0,05 m a hydroizolačním souvrstvím. Střecha byla dodatečně zateplena v roce 2003 tepelnou izolací z pěnového polystyrenu v tloušťce 0,03 až 0,3 m z důvodu vytvoření nové a lépe účinné spádové vrstvy.



Obrázek 3-15: Půdorys jedné sekce bytového domu

Výplně otvorů v obvodovém plášti jsou tvořeny jednoduchými plastovými okny a balkónovými dveřmi prosklenými izolačními dvojskly, které byly osazeny v roce 2007 a nahradily původní dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře v bytech a schodištích a původní kovová okna v 1. podzemním podlaží. Původní jednoduché kovové stěny s dveřmi bez přerušného tepelného mostu prosklené jedním sklem ve vstupech byly nahrazeny za jednoduché kovové dveře a okna s přerušným tepelným mostem prosklené izolačním dvojsklem.

Strop nad suterénem je tvořen železobetonovým stropním panelem tloušťky 0,15 m, na němž je vyhlazovací hmota a vrstva PVC (alternativně nová podlahová krytina dle záměrů obyvatel jednotlivých bytových jednotek). Stropní konstrukce je zateplená ze strany 1. podzemního podlaží tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu tloušťky 0,04 m.

Bytový dům je napojen na sekundární rozvody distributora tepla, firmy Teplo Bruntál a.s. Do domu je přivedena neregulovaná topná větev ÚT. V domě je instalovaná objektová předávací stanice, která slouží k ekvitermní regulaci topné vody a k ohřevu teplé vody. Otopná soustava je původní. V bytech jsou instalována litinová článková otopná tělesa. Vybavena jsou regulačními ventily s termostatickými hlavicemi a poměrovými měřiči. Větrání budovy je přirozené, je přímo závislé na chování uživatele. Předpokládá se intenzita přirozené výměny vzduchu v zóně  $n = 0,3 \text{ 1/h}$ . V bytovém domě je instalován pouze systém nuceného větrání pro hygienická zařízení, který je ovládán potřebou uživatelů. Osvětlení objektu je v souladu s hygienickými požadavky.

### 3.2.5 Zděný bytový dům

Pro analýzu byl vybrán bytový dům, který se nachází na ulici Hlavní číslo 1343 ve Frýdlantu nad Ostravicí. Jedná se o bytový dům realizovaný v roce 1968. Tato budova nebyla realizovaná v žádném typizovaném konstrukčním systému. Jedná se o samostatně stojící bytový dům s pěti nadzemními podlažími s celkovým počtem 16 bytových jednotek. Pohled na vybranou budovu je znázorněn na obrázku a . Ve 2. až 5. nadzemním podlaží se nachází bytové jednotky. V 1. nadzemním podlaží se nachází domovní vybavení, sklepní boxy, napojovací uzly sítí a 9 garáží. K horizontální dopravě slouží jednoramenné schodiště umístěné uprostřed dispozice. Výtah není součástí budovy. Hlavní vstup do budovy je orientován na východ.



Obrázek 3-16: Jihozápadní nároží bytového domu

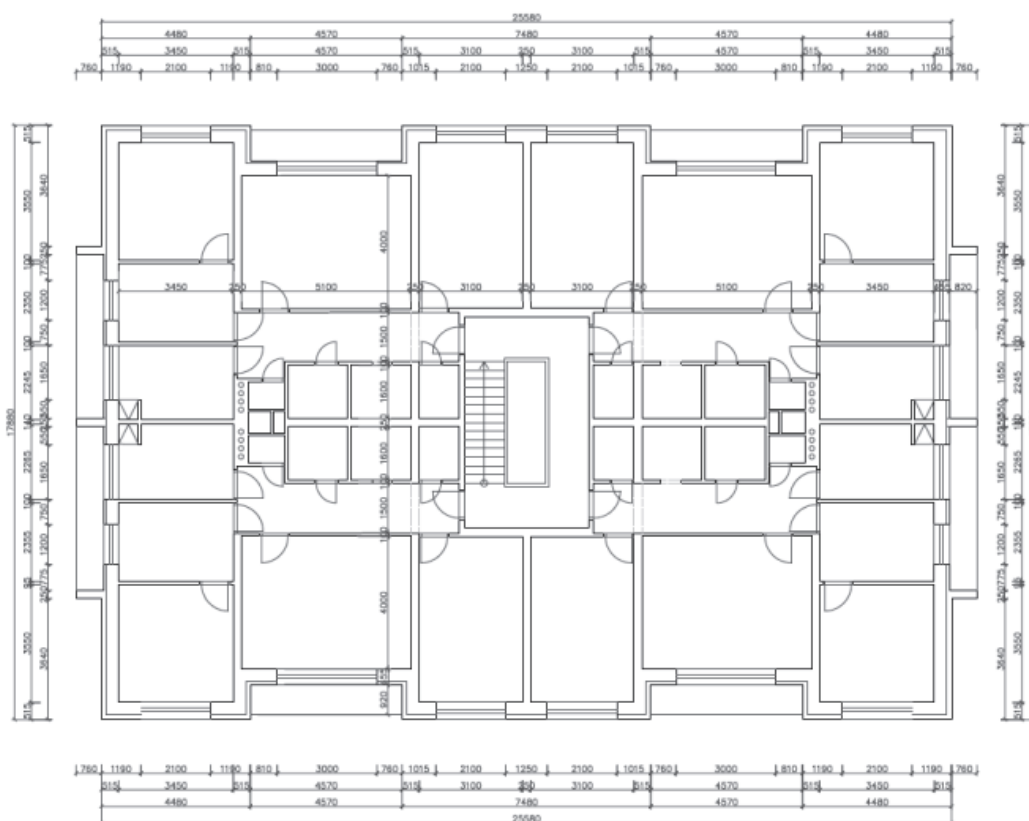


Obrázek 3-17: Severovýchodní nároží bytového domu

Výkresová dokumentace budovy bytového domu je archivována u zpracovatele disertační práce, na vyžádání je k dispozici. Na obrázku je znázorněn půdorys typického podlaží.

Z konstrukčního hlediska se jedná o zděnou budovu s příčným stěnovým systémem s vnitřním ztužujícím jádrem. Konstrukční výška podlaží je 2,85 m.

Obvodový plášť bytového domu je zděný z cihel děrovaných - metrického formátu - označovaných CDM tloušťky 375 mm. V roce 2010 došlo k zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu EPS 70 F v tloušťce 0,08 m a 0,14 m, přičemž tloušťka 0,08 m byla použita na čelní straně balkónů a v ostatních místech obvodového pláště byla použita tloušťka tepelné izolace 0,14 m. Obvodový plášť prvního nadzemního podlaží nebyl opatřen kontaktním zateplovacím systémem.



Obrázek 3-18: půdorys typického podlaží bytového domu

Střecha je jednoplášťová plochá, spádovaná k vnitřním střešním vtokům. Původní skladba střechy je tvořena stropní konstrukcí z PZD desek tloušťky 0,2 m, škvárovým násypem ve spádu tloušťky 0,09 m až 0,16 m, pískovým ložem tloušťky 0,02 m, tepelnou izolací z pěnosilikátových desek tloušťky 0,1 m a hydroizolačním souvrstvím. Střecha byla v roce 2010 dodatečně zateplena, v rámci aplikace nového hydroizolačního souvrství. Nová tepelná izolace pod střešní krytinu byla navržena z pěnového polystyrenu EPS 100 S v tloušťce 0,14 m.

Podlahy bytů nad suterénem jsou tvořeny stropní konstrukcí z PZD desek tloušťky 0,2 m, na níž je násyp z písku tloušťky 0,01 m, tepelná izolace ze skelné rohože tloušťky 0,015 m, lepenka A 500 H, vyrovnávací cementový potěr tloušťky 0,05 m a nášlapná vrstva z dřevěných vlýsů tloušťky 0,019 m do asfaltového tmele, alternativně povlak z PVC, či keramická dlažba.



Výplně otvorů v obvodovém plášti jsou tvořeny jednoduchými plastovými okny a balkónovými dveřmi prosklenými izolačními dvojskly, které byly osazeny nejpozději v roce 2010 (některé výplně otvorů byly vyměněny dříve) a nahradily původní dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře v bytech. Původní dřevěné dveře prosklené jedním sklem ve vstupu byly nahrazeny jednoduchými plastovými dveře prosklenými izolačním dvojsklem. Ostatní výplně otvorů (okna a garážová vrata) v 1. nadzemním podlaží nebyly měněny, jsou původní, dřevěná zdvojená okna prosklená jednoduchými skly a dřevěná jednoduchá garážová vrata otevíravá, dvojkřídla.

Bytový dům je napojen na sekundární rozvody distributora tepla, firmy TERMO Frýdlant nad Ostravicí s.r.o. Do budovy je přivedena centrálně ekvitermně regulovaná topná větev ústředního dálkového topení. Centrální regulační zařízení je umístěno v blokové kotelně distributora tepla. Napojovací uzel je umístěn v prostorech prvního nadzemního podlaží. V napojovacím uzlu je umístěn měřič tepla pro vytápění. Otopná soustava je původní. V bytech jsou instalována litinová článková otopná tělesa. Vybavena jsou regulačními ventily s termostatickými hlavicemi a poměrovými měřiči. Teplá voda pro každou bytovou jednotku se připravuje zvlášť, a to prostřednictvím plynového průtokového ohřívače. Větrání budovy je přirozené, je přímo závislé na chování uživatele. Předpokládá se intenzita přirozené výměny vzduchu v zóně  $n = 0,3 \text{ 1/h}$ . V bytovém domě je instalován pouze systém nuceného větrání pro hygienická zařízení, který je ovládán potřebou uživatelů. Osvětlení objektu je v souladu s hygienickými požadavky.

### 3.2.6 Bytový dům konstrukční soustavy HK 60

Jako třetí budova byla pro analýzu vybrána budova na ul. Slavíkova číslo popisné 1750 / 26 v Ostravě - Porubě. Budova bytového domu byla realizovaná v konstrukční soustavě HK 60 v roce 1967.



Obrázek 3-19: Pohled na jižní štít bytového domu



Obrázek 3-20: Jihovýchodní pohled na bytový dům

Jedná se o samostatně stojící bytový dům s pěti nadzemními podlažími. Pohled na vybranou budovu je znázorněn na obrázku a . V bytovém domě je umístěno 16 bytových jednotek, které jsou umístěny ve druhém až pátém nadzemním podlaží.

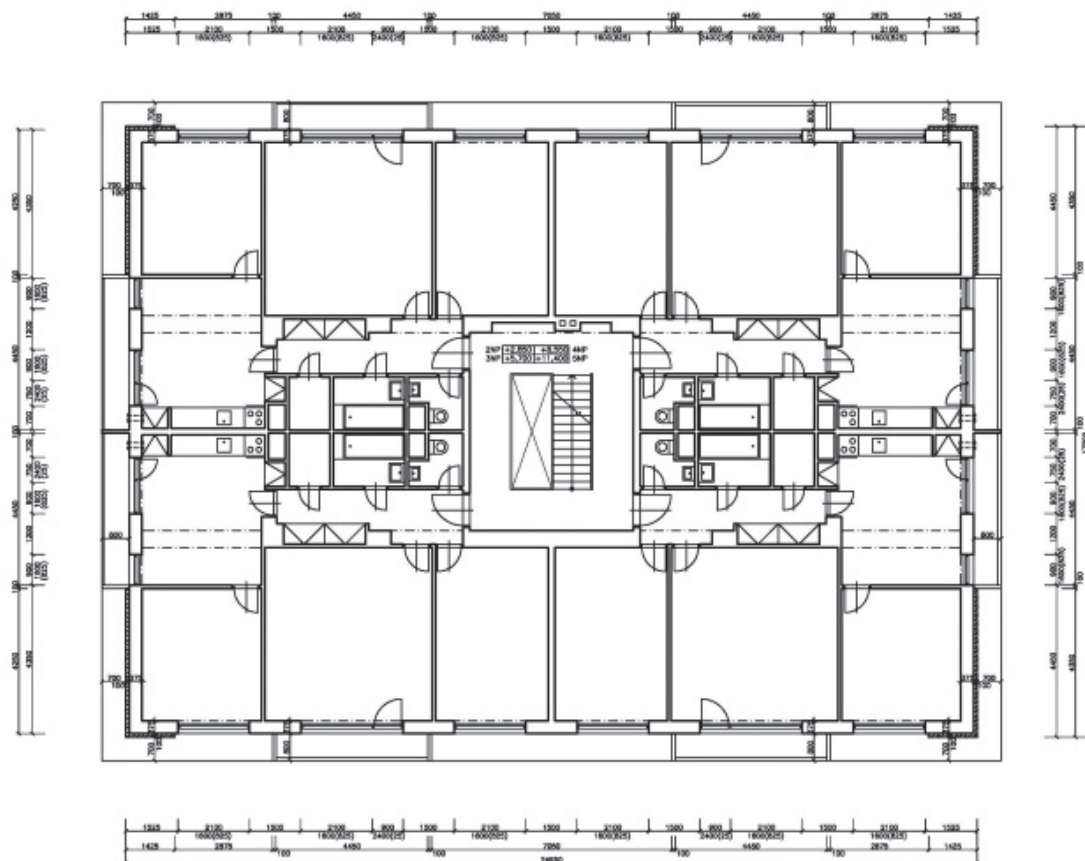


V prvním nadzemním podlaží se nachází domovní vybavení a 8 garáží. K vertikální dopravě slouží dvouramenné schodiště.

**Konstrukční soustava HK 60** je realizována blokpanelovou technologií, je tvořena příčnými nosnými stěnami a pilíři o rozměrech 0,75 x 0,5 m. Konstrukční výška podlaží je 2,85 metrů.

Výkresová dokumentace posuzovaného bytového domu je archivována u zpracovatele disertační práce. Na obrázku je zobrazen půdorys typického podlaží bytového domu.

PŮDORYS 2NP AŽ 5NP



Obrázek 3-21: Půdorys typického podlaží bytového domu

Obvodový plášť tvoří blokopanely ze struskopemzobetonu s oboustrannými omítkami v tloušťce 375 mm a 300 mm v parapetech. V roce 1995 byly ucelené části obvodového pláště dodatečně zatepleny odvětraným zateplovacím systémem s tepelnou izolací z minerálních vláken tloušťky 60 mm. V roce 2007 byla budova bytového domu dodatečně zateplena kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu EPS 70 F tloušťky 100 mm, přičemž došlo ke stržení původního zateplení.

Výplně otvorů v obvodovém plášti tvoří jednoduchá plastová okna a balkónové dveře prosklené izolačním dvojsklem, které nahradily nejpozději (některé výplně otvorů byly měněny dříve) v roce 2007 původní dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře. V prostoru nad schodištěm se nachází střešní světlík prosklený drátosklem.

V prvním nadzemním podlaží, kde jsou umístěny vstupy, se nachází jednoduché kovové vstupní dveře s přerušeným tepelným mostem, které nahradily původní kovové vstupní dveře bez přerušeného tepelného mostu, a původní dřevěná vrata.

Jednoplášťová plochá střecha spádovaná ke střešním vpustím je tvořena železobetonovým stropním panelem tloušťky 0,215 m, na němž je škvárový násyp tloušťky 0,06 m až 0,19 m, pískové lože tloušťky 0,02 m, plynosilikátové desky tloušťky 0,1 m a hydroizolační souvrství. Původní střecha byla v roce 2007 dodatečně zateplena tepelnou izolací z desek pěnového polystyrenu EPS 100 S tloušťky 0,12 m s nakaširovaným hydroizolačním souvrstvím.

Strop nad prvním nadzemním podlažím včetně podlahy je tvořen železobetonový stropním panelem tloušťky 0,215 m, na němž je pilinobeton tloušťky 0,055 m a nášlapná vrstva z dřevěných vlysů tloušťky 0,019 m lepených do asfaltu, alter. krytina z PVC. V 90. létech minulého století byl strop nad venkovním prostorem a vstupem dodatečně zateplen tepelnou izolací z pěnového polystyrenu tloušťky 0,05 m.

Bytový dům je napojen na rozvody tepla, distributora Dalkia Česká republika, a.s. V budově v 1. podzemním podlaží je osazena vlastní místní malá výměníková stanice. Ta upravuje teplotu topné vody dle aktuálních požadavků vlastníků. Otopná soustava je původní, s litinovými článkovými otopnými tělesy, která jsou vybavena regulačními ventily s termostatickými hlavicemi a poměrovými měřiči tepla. Větrání budovy je přirozené, je přímo závislé na chování uživatele. Předpokládá se intenzita přirozené výměny vzduchu v zóně  $n = 0,3$  1/h. V bytovém domě je instalován pouze systém nuceného větrání pro hygienická zařízení, který je ovládán potřebou uživatelů. Osvětlení objektu je v souladu s hygienickými požadavky.

### **3.2.7 Bytový dům konstrukční soustavy BP 70 OS**

Pro analýzu byla vybrána budova na ulici Janáčkova číslo popisné 1441 a 1442 ve Frýdlantu nad Ostravicí. Budova bytového domu byla realizovaná v konstrukční soustavě BP 70 OS v roce 1979. Jedná se o bytový dům se čtyřmi nadzemními podlažními a jedním podzemním podlažím. Budova je tvořena dvěma spojenými sekcemi, které východním štítem navazují na další sekci soustavy. Pohled na vybranou budovu je znázorněn na obrázku a . V bytovém domě je umístěno 24 bytových jednotek, které jsou umístěny v nadzemních podlažích. V podzemním podlaží se nachází domovní vybavení. K vertikální dopravě slouží dvouramenné schodiště. Severní průčelí bytového domu je členěno vertikálními pásy lodžii, ostatní fasády jsou hladké.

**Konstrukční soustava BP 70 OS** je typizovaná soustava realizovaná v blokopanelové technologii s nosným kombinovaným systémem se světlostí polí 5,1 a 5,5 metrů. Konstrukční výška podlaží je 2,9 metrů.

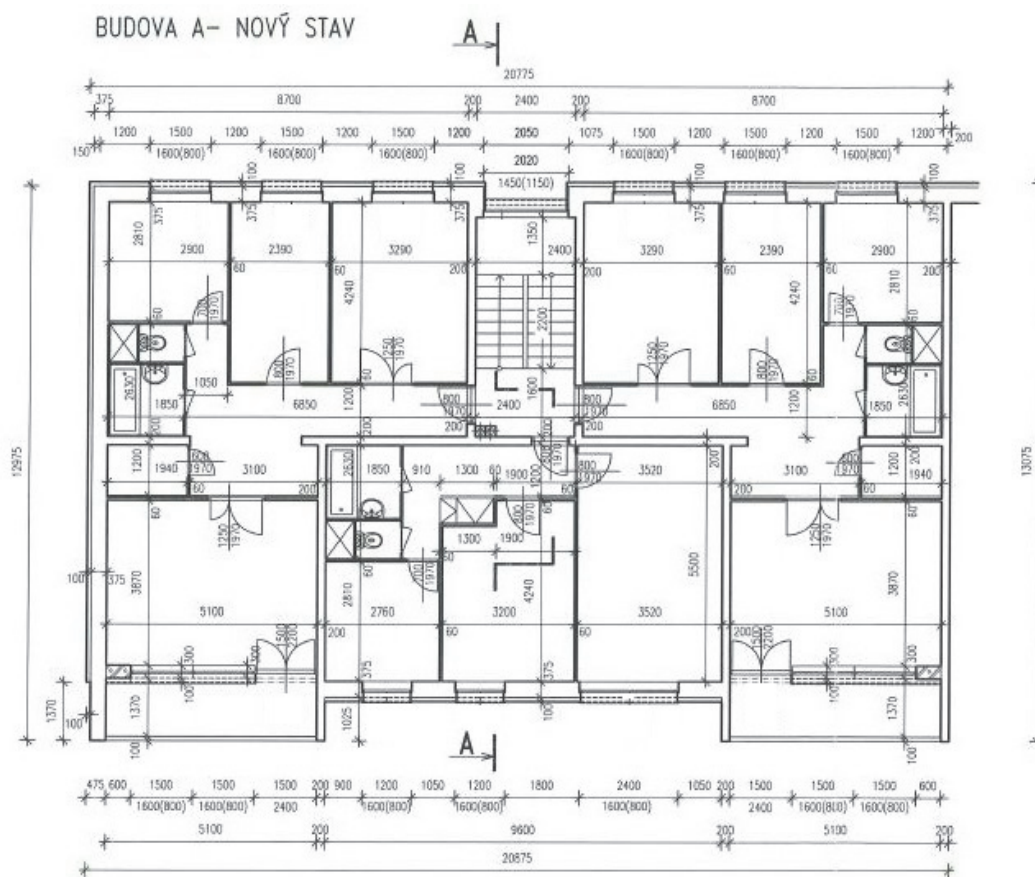


Obrázek 3-22: Jižní průčelí bytového domu, pohled na 2 sekce



Obrázek 3-23: Jihozápadní nároží bytového domu

Výkresová dokumentace posuzovaného bytového domu je archivována u zpracovatele disertační práce. Na obrázku je znázorněn půdorys typického podlaží jedné sekce posuzovaného bytového domu.



Obrázek 3-24: Půdorys jedné sekce

Obvodový plášť bytového domu tvoří blokopanely ze struskopemzobetonu tloušťky 0,375 m a 0,3 m v parapetech. V roce 2007 došlo k zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací z desek pěnového

polystyrenu EPS 70 F v tloušťce 0,1 m. Sokl bytového domu byl rovněž zateplen, a to tepelnou izolací z desek extrudovaného polystyrenu tloušťky 0,1 m.

Střecha je jednoplášťová plochá, spádovaná k vnitřním střešním vtokům. Původní skladba střechy je tvořena železobetonovým stropním dutinovým panelem tloušťky 0,215 m, struskovým násypem ve spádu, tepelnou izolací z desek polsid tloušťky 0,05 m a hydroizolačním souvrstvím. Střecha byla dodatečně zateplena v 90. letech minulého století tepelnou izolací z minerálních vláken v tloušťce 0,08 m. V roce 2013 byla střecha opět dodatečně zateplena v rámci aplikace nového hydroizolačního souvrství. Nová tepelná izolace pod střešní krytinu byla navržena z pěnového polystyrenu EPS 100 S v tloušťce 0,1 m.

Podlahy bytů nad suterénem jsou v celkové tloušťce 0,08 m ve skladbě: na stropním železobetonovém panelu je struskový písek tloušťky 0,026 m, tepelná izolace z desek kaširovaného polystyrenu tloušťky 0,02 m, desky Izoplat tloušťky 0,012 m a nášlapná vrstva z dřevěných vlysů do asfaltového tmele, alternativně povlak z PVC na pilinotřískové desce.

Výplně otvorů v obvodovém plášti jsou tvořeny jednoduchými plastovými okny a balkónovými dveřmi prosklenými izolačními dvojskly, které byly osazeny nejpozději v roce 2007 (některé výplně otvorů byly vyměněny dříve) a nahradily původní dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře v bytech. Původní meziokenní izolační vložky v okenních soustavách v lodžiích byly nahrazeny vyzdívkami ze systému Ytong v tloušťce 0,3 m. Ve schodištích jsou osazena jednoduchá plastová okna prosklená izolačním dvojsklem. Původní schodišťové prosklené stěny byly vybourány a otvory byly zmenšeny vyzdívkami ze systému Ytong v tloušťce 0,3 m. Původní meziokenní izolační vložka byla tvořena dřevotřískovou deskou o tloušťce 0,013 m, tepelnou izolací z minerální plsti tloušťky 0,02 m, dřevotřískou tloušťky 0,013 m, větranou vzduchovou mezerou a sklem. Původní jednoduchá kovová stěna s dveřmi bez přerušného tepelného mostu prosklená jedním sklem ve vstupech byla nahrazena za jednoduché kovové dveře a okna s přerušným tepelným mostem prosklené izolačním dvojsklem.

Bytový dům je napojen na sekundární rozvody distributora tepla, firmy TERMO Frýdlant nad Ostravicí s.r.o. Do domu je přivedena centrálně ekvitermně regulovaná topná větev ústředního topení. Centrální regulační zařízení je umístěno v blokové kotelně distributora tepla. Napojovací uzel je umístěn v prostorech prvního podzemního podlaží. V napojovacím uzlu je umístěn měřič tepla pro vytápění. Otopná soustava je původní. V bytech jsou instalována litinová článková otopná tělesa. Vybavena jsou regulačními ventily s termostatickými hlaviciemi a poměrovými měřiči. Teplá voda pro dům se připravuje v bytovém domě pomocí topné vody ze dvou plynových kotlů typ Baxi. Větrání budovy je přirozené, je přímo závislé na chování uživatele. Předpokládá se intenzita přirozené výměny vzduchu v zóně  $n = 0,3$  1/h. V bytovém domě je instalován pouze systém nuceného větrání pro hygienická zařízení, který je ovládán potřebou uživatelů. Osvětlení objektu je v souladu s hygienickými požadavky.

### 3.3 Experimentální zjištění skutečných spotřeb energií

Pro jednotlivé posuzované budovy bytových domů byly experimentálně zjištěny skutečné spotřeby energií v období posledních 10 let, a to v období let 2004 až 2013. Spotřeby energie jsou uvedeny v tabulkách 3-9 až 3-15. Barevně jsou rozlišeny období před sanací budovy a po sanaci budovy, která je spojena se zateplením konstrukcí na systémovou hranici budovy (tj. zateplení obvodového pláště, střechy a podlahy) a výměnou výplní otvorů v obvodovém plášti (tj. okna dveře, prosklené stěny). Pro analýzu byly vybrány budovy bytových domů, u nichž jsou patrné z výsledků měření rozdílné hodnoty spotřeb energií na vytápění dané stavem budovy před sanací a po sanaci spojené se snížením energetické náročnosti budovy.

Pro budovu konstrukční soustavy T 02 B, která se nachází na ulici Poštovní číslo 1369 ve Frýdlantu nad Ostravicí, byly zjištěny skutečné hodnoty spotřeb energií na vytápění budovy a jsou uvedeny v tabulce 3-9. Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu je uvedena včetně přepočtu skutečných energií na měrnou energii vztaženou na energeticky vztažnou plochu budovy bytového domu, která je uvedena v tabulce .

*Tabulka 3-9 Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu soustavy T 02 B včetně přepočtu na měrnou spotřebu pomocí energeticky vztažné plochy*

<b>Bytový dům soustavy T 02 B na ulici Poštovní číslo 1369 ve Frýdlantu nad Ostravicí</b>										
rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Spotřeba tepla [GJ]	479	482	459	422	256	222	250	211	229	223
Průměrná spotřeba tepla [GJ]	461				232					
Spotřeba tepla [MWh]	133	134	128	117	71	62	69	59	64	62
Měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	130	130	124	114	69	60	68	57	62	60
Průměrná měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	125				63					

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací  
**žlutá barva** konstrukce po sanaci

Pro budovu bytového domu konstrukční soustavy G 57, která se nachází na ulici Frýdlantská číslo 1746 ve Frýdku - Místku, byly zjištěny skutečné hodnoty spotřeb energií na vytápění budovy a jsou uvedeny v tabulce 3-10. Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu je uvedena včetně přepočtu skutečných energií na měrnou energii vztaženou na energeticky vztažnou plochu budovy bytového domu, která je uvedena v tabulce .

*Tabulka 3-10 Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu soustavy G 57 včetně přepočtu na měrnou spotřebu pomocí energeticky vztažné plochy*

<b>Bytový dům soustavy G 57 na ulici Frýdlantská číslo 1746 ve Frýdku - Místku</b>										
rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Spotřeba tepla [GJ]	475	496	461	457	445	427	435	255	240	211
Průměrná spotřeba tepla [GJ]	457							235		
Spotřeba tepla [MWh]	132	138	136	127	124	119	121	71	67	59
Měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	90	94	93	87	85	81	83	49	46	40
Průměrná měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	88							45		

Vysvětlivky: *modrá barva* konstrukce před sanací  
*žlutá barva* konstrukce po sanaci

Pro budovu konstrukční soustavy T 06 B, která se nachází na ulici Nerudova číslo 701 ve Frýdlantu nad Ostravicí, byly zjištěny skutečné hodnoty spotřeb energií na vytápění budovy a jsou uvedeny v tabulce 3-11. Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu je uvedena včetně přepočtu skutečných energií na měrnou energii vztaženou na energeticky vztažnou plochu budovy bytového domu, která je uvedena v tabulce .

*Tabulka 3-11 Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu soustavy T 06 B včetně přepočtu na měrnou spotřebu pomocí energeticky vztažné plochy*

<b>Bytový dům soustavy T 06 B na ulici Nerudova číslo 701 ve Frýdlantu nad Ostravicí</b>										
rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Spotřeba tepla [GJ]	699	732	706	512	413	418	503	426	458	461
Průměrná spotřeba tepla [GJ]	712			456						
Spotřeba tepla [MWh]	194	203	196	142	115	116	140	118	127	128
Měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	98	103	99	72	58	59	71	60	64	65
Průměrná měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	100			64						

Vysvětlivky: *modrá barva* konstrukce před sanací  
*žlutá barva* konstrukce po sanaci

Pro budovu konstrukční soustavy OP 1.11, která se nachází na ulici Dělnická číslo 4 v Bruntálu, byly zjištěny skutečné hodnoty spotřeb energií na vytápění budovy a jsou uvedeny v tabulce 3-12. Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu je uvedena včetně přepočtu skutečných energií na měrnou energii vztaženou na energeticky vztažnou plochu budovy bytového domu, která je uvedena v tabulce .



**Tabulka 3-12 Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu soustavy OP 1.11 včetně přepočtu na měrnou spotřebu pomocí energeticky vztažné plochy**

<b>Bytový dům soustavy OP 1.11 na ulici Dělnická číslo 1593 / 4 v Bruntálu</b>										
rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Spotřeba tepla [GJ]	885	954	846	665	540	457	511	420	416	446
Průměrná spotřeba tepla [GJ]	838				465					
Spotřeba tepla [MWh]	246	265	235	185	150	127	142	117	116	124
Měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	116	125	110	87	71	60	67	55	54	58
Průměrná měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	110				61					

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací  
**žlutá barva** konstrukce po sanaci

Pro zděnou budovu nezařazenou do typových konstrukčních soustav, která se nachází na ulici Hlavní číslo 1343 ve Frýdlantu nad Ostravicí, byly zjištěny skutečné hodnoty spotřeb energií na vytápění budovy a jsou uvedeny v tabulce 3-13. Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu je uvedena včetně přepočtu skutečných energií na měrnou energii vztaženou na energeticky vztažnou plochu budovy bytového domu, která je uvedena v tabulce .

**Tabulka 3-13 Skutečná spotřeba energie pro vytápění zděného bytového domu včetně přepočtu na měrnou spotřebu pomocí energeticky vztažné plochy**

<b>Bytový dům zděný na ulici Hlavní číslo 1343 ve Frýdlantu nad Ostravicí</b>										
rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Spotřeba tepla [GJ]	753	764	762	722	733	746	773	419	383	374
Průměrná spotřeba tepla [GJ]	750							392		
Spotřeba tepla [MWh]	209	212	212	201	204	207	215	116	106	104
Měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	97	99	98	93	95	96	100	54	49	48
Průměrná měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	97							50		

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací  
**žlutá barva** konstrukce po sanaci

Pro budovu konstrukční soustavy HK 60, která se nachází na ulici Slavíkova číslo 1750 / 26 v Ostravě - Porubě, byly zjištěny skutečné hodnoty spotřeb energií na vytápění budovy a jsou uvedeny v tabulce 3-14. Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu je uvedena včetně přepočtu skutečných energií na měrnou energii vztaženou na energeticky vztažnou plochu budovy bytového domu, která je uvedena v tabulce .

**Tabulka 3-14 Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu soustavy HK 60 včetně přepočtu na měrnou spotřebu pomocí energeticky vztažené plochy**

Bytový dům soustavy HK 60 na ulici Slavíkova číslo 1750 / 26 v Ostravě - Porubě										
rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Spotřeba tepla [GJ]	673	682	629	638	428	343	413	329	341	335
Tab. 1 Průměrná spotřeba tepla [GJ]	656				365					
Spotřeba tepla [MWh]	187	189	175	177	119	95	115	91	95	93
Měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	84	86	79	80	54	43	52	41	43	42
Průměrná měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	82				46					

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací  
**žlutá barva** konstrukce po sanaci

Pro budovu konstrukční soustavy BP 70 OS, která se nachází na ulici Janáčkova číslo 1441 a 1442 ve Frýdlantu nad Ostravicí, byly zjištěny skutečné hodnoty spotřeb energií na vytápění budovy a jsou uvedeny v tabulce 3-15. Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu je uvedena včetně přepočtu skutečných energií na měrnou energii vztaženou na energeticky vztažnou plochu budovy bytového domu, která je uvedena v tabulce .

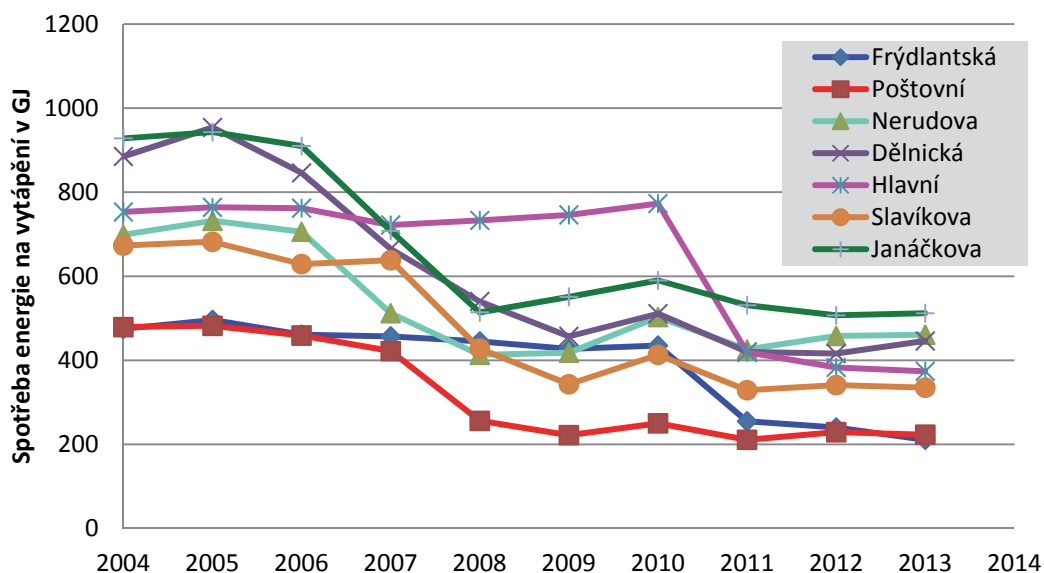
**Tabulka 3-15 Skutečná spotřeba energie pro vytápění bytového domu na ulici Janáčkova číslo 1441 a 1442 ve Frýdlantu nad Ostravicí**

Bytový dům konstrukční soustavy BP 70 OS na ulici Janáčkova číslo 1441 a 1442 ve Frýdlantu nad Ostravicí										
rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Spotřeba tepla [GJ]	928	943	910	(708)*	514	551	590	531	507	512
Průměrná spotřeba tepla [GJ]	927				534					
Spotřeba tepla [MWh]	258	262	253	(197)*	143	153	164	148	141	142
Měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	105	107	103	(80)*	58	62	67	60	57	58
Průměrná měrná spotřeba tepla [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	105				60					

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací  
**žlutá barva** konstrukce po sanaci  
 (...) \* hodnota se nezapočítává do průměru, v roce 2007 probíhala sanace budovy

Pro analýzu byly zvoleny bytové domy s jedním zdrojem vytápění, a to centrálním zdrojem vytápění, který umožňuje snadné experimentální zjištění skutečných spotřeb energií pro vytápění bytových domů.



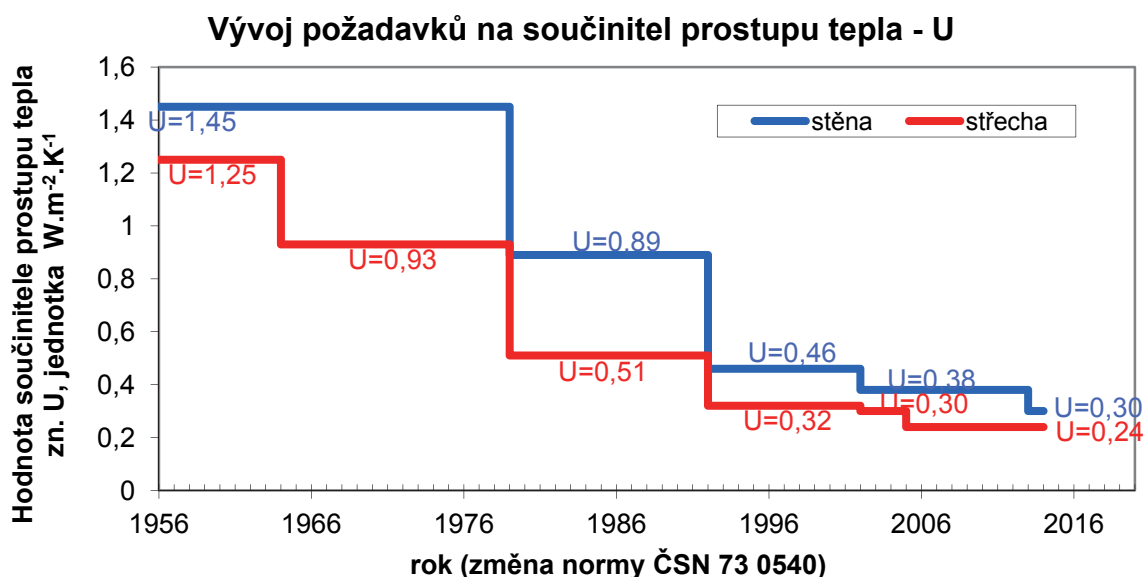


Graf 3-1 Znárodnění skutečných spotřeb pro vybrané posuzované budovy, které jsou předmětem této analýzy

Historie spotřeb energie na vytápění pro vybrané posuzované budovy bytových domů je globálně znázorněna do grafu 3-1. Z grafu je patrná skutečnost snížení celkové spotřeby energií spojené se sanací budov, která u všech vybraných objektů v minulosti proběhla.

### 3.4 Definice tepelně technických charakteristik konstrukcí na systémové hranici budovy před a po provedení sanací

Pro stanovení potřeby energie na vytápění hodnocených budov je nutné znát tepelně technické charakteristiky konstrukcí, které se nacházejí na systémové hranici budovy.



Graf 3-2 Vývoj požadavků vycházejících z novelizace normy tepelná ochrana budov pro obvodovou stěnu a střechu v období let 1956 až 2014

Tepelně technické charakteristiky nutné pro další výpočty jsou především tepelný odpor a součinitel prostupu tepla viz (9). Stanovení těchto tepelně technických charakteristik vychází ze znalosti skladby konstrukcí (druh materiálu jednotlivých vrstev tvořící konstrukci a tloušťka těchto vrstev konstrukce). Pro numerické vyčíslení energetické náročnosti budov jsou důležité právě ty konstrukce, které se nacházejí na systémové hranici budovy, tedy ty konstrukce, které oddělují prostředí s různým teplotním popřípadě vlhkostním režimem. Skladby jednotlivých konstrukcí byly popsány v kapitolách 3.1.1 až 3.1.7. Skladby jednotlivých konstrukcí lze stanovit experimentálně (sondy), nebo využít znalosti konstrukcí jednotlivých typizovaných konstrukčních soustav. Pro případ této disertační práce byly stanoveny skladby konstrukcí díky znalosti jednotlivých konstrukčních soustav, případně díky sond, které byly provedeny jako součást zateplení plochých střech v rámci revitalizací budov. Tepelně technické charakteristiky konstrukcí bytových domů byly stanoveny pomocí výpočtového software Teplo 2011 [34] a byly porovnány s normovými požadavky současně platné normy [8], a to pro případ budov s převažující návrhovou teplotou v intervalu 18 °C až 22 °C. Nesplnění požadavků současně platné normy vychází ze skutečnosti neustále se zpřisňujících požadavků na konstrukce na teplosměnné hranici budovy, a to od doby vzniku tepelně technické normy, až po současnost. Vývoj požadavků pro obvodovou stěnu a střechu v období roku 1956 doposud je patrný z grafu 3-2.

### 3.4.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu T 02 B

Jedná se o konstrukce bytového domu na ulici Poštovní číslo 1369 ve Frýdlantu nad Ostravicí. Tabulka 3-16 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu před sanací provedené v roce 2007.

Tabulka 3-16 Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Obvodová stěna SPB 375	1,42	0,53	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Obvodová stěna SPB 300	1,66	0,43	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní plochá střech	0,86	1,03	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha bytů nad suterénem	1,35	0,53	0,60	0,40	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha na terénu	3,63	0,11	0,85	0,60	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Vnitřní schodišťová stěna	2,16	0,29	1,30	0,90	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní dveře	2,3	---	1,7	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní okna	2,4	---	1,5	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>

Vysvětlivky:

**modrá barva** konstrukce před sanací

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny

Vypočtené hodnoty jsou porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla dle [8]. Tabulka 3-17 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu po celkové sanaci spojené se snížením energetické náročnosti budovy provedené v roce 2007.

*Tabulka 3-17 Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací*

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
obvodová stěna (SPB 375 + 100 EPS)	0,30	3,18	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
obvodová stěna (SPB 300 + 100 EPS)	0,32	3,01	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Zateplená plochá střech	0,26	3,78	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Nové dveře	1,3	---	1,7	1,2	vyhovuje
Nová okna	1,2	---	1,5	1,2	vyhovuje

Vysvětlivky: **žlutá barva** konstrukce po sanaci

<sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

V kapitole 3.1.1 je uveden popis sanace spojené s celkovou revitalizací budovy - zateplením obvodového pláště a střechy a výměnou výplní otvorů v obvodovém plášti.

### 3.4.2 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu G57

Jedná se o konstrukce bytového domu na ulici Frýdlantská číslo 1746 ve Frýdku - Místku. Tabulka 3-18 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu před sanací provedené v roce 2010.

Vypočtené hodnoty jsou porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla dle [8]. Tabulka 3-19 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu po celkové sanaci spojené se snížením energetické náročnosti budovy provedené v roce 2010. V kapitole 3.1.2 je uveden popis sanace spojené s celkovou revitalizací budovy - zateplením budovy a výměnou výplní otvorů v obvodovém plášti včetně dozdívek ve schodišti.

**Tabulka 3-18** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Obvodová stěna SPB 270	1,78	0,39	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Obvodová stěna SPB 200	2,14	0,30	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Obvodová stěna SPB 270 + 80 EPS	0,38	2,45	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní plochá střech	1,03	0,83	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha bytů nad suterénem	0,94	0,86	0,60	0,40	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha na terénu	3,63	0,11	0,85	0,60	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Vnitřní schodišťová stěna	2,16	0,29	1,30	0,90	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní dveře	2,3	---	1,7	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní okna	2,4	---	1,5	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny

**Tabulka 3-19** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Obvodová stěna SPB 270 + 120 EPS	0,27	3,48	0,30	0,25	vyhovuje
obvodová stěna (SPB 200 + 100 EPS)	0,33	2,87	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Obvodová stěna SPB 270 + 120 MW	0,31	3,07	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
obvodová stěna (SPB 200 + 100 MW)	0,37	2,53	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Dozdívka	0,18	5,41	0,30	0,25	vyhovuje
Zateplená plochá střech	0,20	4,91	0,24	0,16	vyhovuje
Zateplená podlaha bytů nad suterénem	0,39	2,36	0,60	0,40	vyhovuje
Nové dveře	1,5	---	1,7	1,2	vyhovuje
Nová okna	1,2	---	1,5	1,2	vyhovuje

Vysvětlivky: **žlutá barva** konstrukce po sanaci

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny

<sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

### 3.4.3 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu T 06 B

Jedná se o konstrukce bytového domu na ulici Nerudova číslo 701 ve Frýdlantu nad Ostravicí. Tabulka 3-20 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu před sanací provedené v roce 2007. Vypočtené hodnoty jsou porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla dle [8].

Tabulka 3-20 Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Obvodová stěna SPB 375	1,42	0,53	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Plynosilikátové panely 240	0,72	1,22	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Obvodová stěna SPB 375 + 70 EPS	0,40	2,34	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Původní střecha	1,08	0,78	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha bytů nad suterénem	0,75	1,13	0,60	0,40	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha na terénu	3,63	0,11	0,85	0,60	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Vnitřní schodišťová stěna	3,64	0,10	1,30	0,90	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní dveře	2,3	---	1,7	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní okna	2,4	---	1,5	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>

Vysvětlivky:

*modrá barva* konstrukce před sanací

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny, <sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

Tabulka 3-21 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu po celkové sanaci spojené se snížením energetické náročnosti budovy provedené v roce 2007. V kapitole 3.1.3 je uveden popis sanace spojené s celkovou revitalizací budovy - zateplením budovy a výměnou výplní otvorů.

**Tabulka 3-21** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [ $m^2 \cdot K/W$ ]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Plynosilikátové panely 240 + 100 EPS	0,25	3,79	0,30	0,25	vyhovuje <sup>2)</sup>
Obvodová stěna SPB 375 + 70 EPS	0,41	2,30	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Zateplená střecha	0,29	3,28	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Nové dveře	1,7	---	1,7	1,2	vyhovuje
Nová okna	1,2	---	1,5	1,2	vyhovuje

Vysvětlivky: **žlutá barva** konstrukce po sanaci

<sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

### 3.4.4 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu OP 1.11

Jedná se o konstrukce bytového domu na ulici Dělnická číslo 1593 / 4 v Bruntálu. Tabulka 3-22 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu před sanací provedené v roce 2007. Vypočtené hodnoty jsou porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla dle [8]. Tabulka 3-23 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu po celkové sanaci spojené se snížením energetické náročnosti budovy provedené v roce 2007. V kapitole 3.1.4 je uveden popis sanace spojené s celkovou revitalizací budovy - zateplením budovy a výměnou výplní otvorů.

**Tabulka 3-22** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [ $m^2 \cdot K/W$ ]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Sendvič panel	0,58	1,56	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Sendvič panel suterén	0,80	1,09	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Zateplená střecha	0,15	6,60	0,24	0,16	vyhovuje
Podlaha bytů nad suterénem	0,73	1,17	0,60	0,40	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní okna	2,4	---	1,5	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní dveře	4,0	---	1,7	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha na terénu	3,63	0,11	0,85	0,60	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Schodišťová stěna ŽB 150	3,64	0,10	1,30	0,90	nevyhovuje <sup>1)</sup>

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny

**Tabulka 3-23** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Sendvič panel + 100 EPS	0,25	3,88	0,30	0,25	vyhovuje
Sendvič panel + 60 EPS (balkóny)	0,31	3,02	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Sendvič panel + 60 XPS	0,35	2,72	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Nové dveře	1,7	---	1,7	1,2	vyhovuje
Nová okna	1,2	---	1,5	1,2	vyhovuje

Vysvětlivky: **žlutá barva** konstrukce po sanaci

<sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

### 3.4.5 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu zděného

Jedná se o konstrukce bytového domu na ulici Hlavní číslo 1343 ve Frýdlantu nad Ostravicí. Tabulka 3-24 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu před sanací provedené v roce 2010. Vypočtené hodnoty jsou porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla dle [8]. Tabulka 3-25 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu po celkové sanaci spojené se snížením energetické náročnosti budovy provedené v roce 2010. V kapitole 3.1.5 je uveden popis sanace spojené s celkovou revitalizací budovy - zateplením budovy a výměnou výplní otvorů.

**Tabulka 3-24** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Obvodová stěna CDm 375	1,41	0,54	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní plochá střecha	0,79	1,13	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha nad suterénem	1,81	0,34	0,60	0,40	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha na terénu	3,63	0,11	0,85	0,60	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Vnitřní schodišťová stěna	2,63	0,21	1,30	0,90	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní dveře	2,3	---	1,7	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní okna	2,4	---	1,5	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny



**Tabulka 3-25** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
obvodová stěna CDm 375 + 80 EPS	0,36	2,60	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
obvodová stěna CDm 375 + 140 EPS	0,23	4,14	0,30	0,25	vyhovuje <sup>2)</sup>
Zateplená plocha střecha	0,20	4,94	0,24	0,16	vyhovuje
Zateplená podlaha nad exteriérem	0,17	5,68	0,24	0,16	vyhovuje
Nové dveře	1,5	---	1,7	1,2	vyhovuje
Nová okna	1,2	---	1,5	1,2	vyhovuje

Vysvětlivky: **žlutá barva** konstrukce po sanaci

<sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

### 3.4.6 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu HK 60

Jedná se o bytový dům na ulici Slavíkova číslo 1750 / 26 v Ostravě - Porubě. Tabulka 3-26 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu před sanací provedené v roce 2007.

**Tabulka 3-26** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Obvodová stěna SPB 375	1,42	0,53	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Obvodová stěna SPB 375 + 60 MW	0,49	1,88	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Obvodová stěna SPB 300	1,66	0,43	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Nezateplená střecha	0,87	1,0	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní okna	2,4	---	1,5	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní dveře	2,3	---	1,7	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha nad exteriérem	0,49	1,83	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha nad suterénem	1,23	0,60	0,60	0,40	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha na terénu	3,63	0,11	0,85	0,60	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Schodišťová stěna	2,16	0,29	1,30	0,90	nevyhovuje <sup>1)</sup>

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny



Vypočtené hodnoty jsou porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla dle [8].

Tabulka 3-27 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu po sanaci provedené v roce 2007. V kapitole 3.1.6 je uveden popis sanace spojené se snížením energetické náročnosti budovy - zateplení obvodových stěn budovy a ploché střechy a výměna některých výplní otvorů (oken, balkónových dveří a vstupních dveří, bez garážových vrat).

*Tabulka 3-27 Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu po sanaci*

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění současně platnému požadavku normy [8]
obvodová stěna (SPB 375 + 100 EPS)	0,30	3,18	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
obvodová stěna (SPB 300 + 100 EPS)	0,32	3,01	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
Zateplená střecha	0,24	3,96	0,24	0,16	vyhovuje
Zateplená podlaha nad exteriérem	0,23	4,06	0,24	0,16	vyhovuje
Zateplená podlaha nad suterénem	0,58	1,51	0,60	0,40	vyhovuje
Nové dveře	1,5	---	1,7	1,2	vyhovuje
Okna nová	1,2	---	1,5	1,2	vyhovuje

Vysvětlivky: **žlutá barva** konstrukce po sanaci

<sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

### 3.4.7 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí bytového domu BP 70 OS

Jedná se o konstrukce bytového domu na ulici Janáčkova číslo 1441 a 1442 ve Frýdlantu nad Ostravicí.

Tabulka 3-28 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu před sanaci provedené v roce 2007. Vypočtené hodnoty jsou porovnány s požadovanými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla dle [8].

**Tabulka 3-28** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu před sanací

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
Obvodová stěna SPB 375	1,42	0,53	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Obvodová stěna SPB 300	1,66	0,43	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Zateplená střecha	0,36	2,68	0,24	0,16	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Původní okna	2,4	---	1,5	1,2	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha bytů nad suterénem	0,93	0,87	0,60	0,40	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Podlaha na terénu	3,63	0,11	0,85	0,60	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Meziokenní izolační vložky	1,49	0,50	0,30	0,20	nevyhovuje <sup>1)</sup>
Vnitřní schodišťová stěna	2,16	0,29	1,30	0,90	nevyhovuje <sup>1)</sup>

Vysvětlivky: **modrá barva** konstrukce před sanací

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny

Tabulka 3-29 uvádí hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukcí bytového domu po celkové sanaci spojené se snížením energetické náročnosti budovy (zateplení obvodového pláště a výměna výplní otvorů v obvodovém plášti). Tato sanace proběhla v roce 2007. V kapitole 3.1.7 je uveden popis sanace spojené se snížením energetické náročnosti budovy.

**Tabulka 3-29** Hodnoty součinitele prostupu tepla a tepelného odporu pro konstrukce bytového domu po sanaci

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Tepelný odpor konstrukce $R$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	(ne)vyhovění požadavku normy [8]
obvodová stěna (SPB 375 + 100 EPS)	0,31	3,11	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
obvodová stěna (SPB 300 + 100 EPS)	0,32	3,01	0,30	0,25	nevyhovuje <sup>2)</sup>
dozdívka (YTONG 300 + 100 EPS)	0,18	5,36	0,30	0,25	vyhovuje
Zateplená střecha (r. 2013)	0,18	5,40	0,24	0,16	vyhovuje
Okna nová	1,2	---	1,5	1,2	vyhovuje

Vysvětlivky: **žlutá barva** konstrukce po sanaci

<sup>1)</sup> v době výstavby byly požadavky splněny

<sup>2)</sup> v době sanace budovy byly požadavky splněny

## 4 VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE

Cíl disertační práce uvedený v kapitole 2 v bodech 1, 2 a 3 byl řešen v kapitole 3. Kapitola 4 řeší cíl disertační práce v bodech 4 až 8 uvedených v kapitole 2.

### 4.1 Stanovení energetické náročnosti bytových domů

Hodnocení energetické náročnosti budov pro zvolené bytové domy bylo provedeno pomocí výpočtového software Energie 2013 [34], a to ve dvou variantních řešeních:

- před sanací bytových domů,
- po sanaci bytových domů.

Variantní řešení (před a po sanaci budovy spojené s opatřeními vedoucími ke snížení energetické náročnosti budov) bylo zvoleno z důvodu srovnání výsledků výpočtových metod se skutečně naměřenými hodnotami spotřeb energie na vytápění. Experimentální zjištění skutečných spotřeb energií je uvedeno v kapitole 3.3.

Výpočtový postup závisí na typu zvolené výpočtové metody. Pro případ hodnocení budovy dle platné legislativy [23] a [25] byla zvolena měsíční výpočtová metoda, která krokem výpočtu volí časové období jeden měsíc. Pro hodnocení bytových domů se předpokládá nepřerušované vytápění. V kapitole 3.5.1 jsou uvedeny geometrické charakteristiky budov bytových domů, které jsou vstupními parametry pro hodnocení energetické náročnosti budov bytových domů.

#### 4.1.1 Stanovení geometrických charakteristik budov vybraných bytových domů

Hodnocení energetické náročnosti budov je závislé na výpočtu ploch ochlazovaných teplosměnných konstrukcí a na výpočtu objemu vytápěných prostor. Do výpočtu, v souladu s platnou legislativou, vstupují skutečné rozměry stanovené z vnějších rozměrů stanovených včetně vnitřních i vnějších konstrukcí.

Budovy bytových domů byly hodnoceny jednotným způsobem. Budovy byly rozděleny do dvou zón, a to bytové jednotky a schodiště. Pro jednotlivé hodnocené budovy byly stanoveny tyto parametry (souhrnně označované v této disertační práci jako geometrické charakteristiky budov bytových domů).

- zn.  $V$  - celkový obestavěný objem hodnocené zóny stanovený z vnějších rozměrů [ $\text{m}^3$ ],
- zn.  $A_{EV}$  - celková energeticky vztažná plocha zóny [ $\text{m}^2$ ] (celková podlahová plocha stanovená z vnějších rozměrů),
- zn.  $A_{CP}$  - celková podlahová plocha stanovená z vnitřních rozměrů [ $\text{m}^2$ ],
- zn.  $A_{OP}$  - celková plocha svislého obvodového pláště stanovená z vnějších rozměrů [ $\text{m}^2$ ],
- zn.  $A_S$  - celková plocha střechy stanovená z vnějších rozměrů [ $\text{m}^2$ ],
- zn.  $A_{OK}$  - celková plocha výplní otvorů [ $\text{m}^2$ ],

- zn.  $A_p$  - celková plocha podlahy ve styku se zemí stanovená z vnějších rozměrů (eventuálně plocha podlahy nad suterénem) [ $m^2$ ].

Geometrické charakteristiky pro jednotlivé bytové domy jsou uvedeny v tabulce . Geometrické charakteristiky budov jsou stanoveny pro stávající stav budovy, tedy po provedených stavebních úpravách, po sanaci.

Tabulka 4-1 Geometrické charakteristiky vybraných bytových domů

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
počet zón	2	2	2	2	2	2	2
$V [m^3]$	746,6	891,6	1005,5	1248,2	1430,3	1448,2	1798,8
$A_{EV} [m^2]$	260,2	314,7	356,1	441,7	498,5	540,8	597,9
$A_{CP} [m^2]$	228,5	284,8	336,8	406,2	460,0	501,0	545,2
$A_{OP} [m^2]$	175,2	187,0	132,4	160,0	168,4	153,5	356,4
$A_S [m^2]$	13,7	17,7	17,1	22,8	23,8	18,8	26,7
$A_{OK} [m^2]$	20,7	21,3	70,8	63,4	67,3	75,5	35,2
$A_p [m^2]$	205,5	208,6	219,4	236,4	403,1	429,6	491,0
$V [m^3]$	2397,5	3321,7	4633,3	4827,3	5161,3	4983,7	5663,6
$A_{EV} [m^2]$	767,2	1145,4	1618,6	1685,9	1654,1	1675,0	1856,9
$A_{CP} [m^2]$	664,0	1022,3	1465,0	1531,5	1469,7	1516,0	1681,7
$A_{OP} [m^2]$	576,6	637,4	784,0	597,0	913,6	479,1	933,1
$A_S [m^2]$	191,8	190,9	202,3	213,6	413,5	418,8	464,2
$A_{OK} [m^2]$	127,2	171,7	260,6	322,6	278,4	270,7	311,0
$A_p [m^2]$	---	---	---	---	---	---	---
$A_{EV} [m^2]$	1027,4	1460,1	1974,7	2127,6	2152,6	2215,8	2454,8
$A / V [m^2 / m^3]$	0,42	0,34	0,35	0,31	0,34	0,33	0,35

Vysvětlivky: **modrá barva** - zóna 1: nebytové prostory (schodiště, chodby, suterén)

**červená barva** - zóna 2: bytové jednotky

zn.  $V$  - celkový obestavěný objem hodnocené zóny [ $m^3$ ],

zn.  $A_{EV}$  - celková energeticky vztažná plocha zóny [ $m^2$ ] (stanovená z vnějších rozměrů),

zn.  $A_{CP}$  - celková podlahová plocha stanovená z vnitřních rozměrů [ $m^2$ ],

zn.  $A_{OP}$  - celková plocha svislého obvodového pláště [ $m^2$ ],

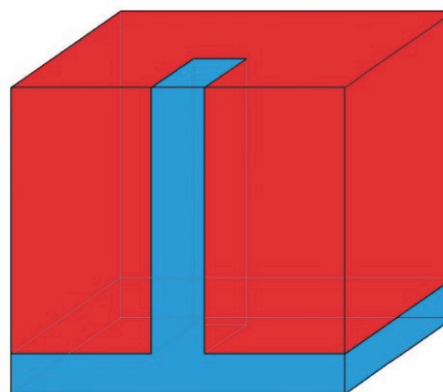
zn.  $A_S$  - celková plocha střechy [ $m^2$ ],

zn.  $A_{OK}$  - celková plocha výplní otvorů [ $m^2$ ],

zn.  $A_p$  - celková plocha podlahy ve styku se zemí (eventuálně plocha podlahy nad suterénem) [ $m^2$ ].

Vypočtené hodnoty uvedené v tabulce nejsou totožné s charakteristikami budovy v původním stavu v době realizace stavby, neboť provedenými opatřeními (zateplení obvodového pláště, střecha apod.), které vedly ke snížení energetické náročnosti budovy, došlo k nárůstu teplosměnných ploch i celkového objemu vytápěných částí budovy.

Na obrázku je zjednodušeně graficky znázorněno obecné rozdělení budovy bytového domu do zón. Modrou barvou je značena zóna nebytové prostory (do této části jsou zařazeny kromě schodiště i výtahy a společné prostory, jako jsou chodby, domovní vybavení, sklepní box a technické místnosti) a červenou barvou jsou značeny bytové jednotky.



Obrázek 4-1: Schématické značení zón ve fiktivní budově, červenou barvou jsou značeny bytové jednotky, modrou barvou jsou značeny nebytové prostory (např. schodiště, chodby, garáže, sklepní boxy, kolárny, sušárny, dílny a pod.)

#### 4.1.2 Průměrný součinitel prostupu tepla bytových domů ve stávajícím stavu

Dalším z hodnotících ukazatelů energetické náročnosti budovy je průměrný součinitel prostupu tepla. V tabulce 4-2 jsou uvedeny hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla hodnocených budov a budov referenčních.

Tabulka 4-2 Hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla hodnocených budov

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
$U_{em}$ hodnocené budovy [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,52	0,51	0,48	0,45	0,47	0,57	0,52
$U_{em}$ referenční budovy [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,45	0,46	0,49	0,53	0,51	0,57	0,47
Klasifikační třída	D	D	C	C	C	C	D
Slovní hodnocení	méně úsporná	méně úsporná	úsporná	úsporná	úsporná	úsporná	méně úsporná

Vysvětlivky:  $U_{em}$  - průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy

#### 4.1.3 Neobnovitelná primární energie bytových domů ve stávajícím stavu

Neobnovitelná primární energie hodnotí budovu ve vztahu k životnímu prostředí a tedy ve vztahu k využívání různých kategorií energie pro zajištění svého provozu.

Tabulka 4-3 Hodnoty neobnovitelné primární energie pro hodnocené budovy

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Měrná neobnovitelná primární energie [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	110	105	140	105	100	105	110
Měrná neobnovitelná primární energie referenční budovy [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	135	132	133	144	130	134	137
Klasifikační třída	C	C	D	B	C	C	C
Slovní hodnocení	úsporná	úsporná	méně úsporná	velmi úsporná	úsporná	úsporná	úsporná

V tabulce 4-3 jsou uvedeny výpočtem stanovené hodnoty neobnovitelné primární energie pro vybrané budovy.

#### 4.1.4 Celková dodaná energie bytových domů ve stávajícím stavu

Celková dodaná energie je jedním z hodnocených ukazatelů energetické náročnosti budovy.

Tabulka 4-4 Hodnocení dodané energie pro jednotlivé budovy po sanaci bytových domů

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Celková dodaná energie [GJ]	354	486	616	703	664	678	835
Měrná dodaná energie [kWh/m <sup>2</sup> ]	96	92	87	92	86	85	94
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	251	308	427	418	452	481	562
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	68	59	60	55	58	60	64
Měrná dodaná energie pro referenční budovu [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	111	108	110	120	108	104	113
Klasifikační třída	C	C	C	C	C	C	C
Slovní hodnocení	Úsporná	Úsporná	Úsporná	Úsporná	Úsporná	Úsporná	Úsporná

Vysvětlivky: šedým pozadím označené hodnoty (primární hodnoty) jsou výstupem běžného, pro tuto analýzu, standardního výpočtu, které dále vstupují do analýzy při změně okrajových podmínek.

Na základě hodnocení posuzované budovy s referenční budovou vyvstává zařazení budovy do tzv. klasifikační třídy. Pro zajištění možnosti vzájemného hodnocení různých budov mezi sebou lze celkovou dodanou energii vyjádřit prostřednictvím měrné dodané energie. Dle stávající platné legislativy [25] se přepočítává měrná dodaná energie prostřednictvím celkové energeticky vztažené podlahové plochy, tedy plochy stanovené z vnějších rozměrů. Dle předchozí vyhlášky [24] se přepočítávala měrná dodaná energie prostřednictvím celkové vnitřní podlahové plochy, tedy plochy stanovené z vnitřních rozměrů. V tabulce 4-4 jsou uvedeny výpočtem stanovené hodnoty dodané energie pro jednotlivé hodnocené budovy bytových domů.

#### 4.1.5 Celková dodaná energie bytových domů v původním stavu před sanací

V tabulce 4-5 jsou uvedeny hodnoty zobrazující energetickou náročnost hodnocených budov v původním stavu před revitalizací. Hodnocení dále vstupuje do grafického znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění pro hodnocené budovy.

Tabulka 4-5 Hodnocení budov bytových domů před revitalizací

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Celková dodaná energie [GJ]	758	842	971	1107	1236	980	1264
Měrná dodaná energie [kWh/m <sup>2</sup> ]	210	164	139	145	163	124	146
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	656	664	782	822	1024	782	991
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	181	129	112	108	135	99	114
Klasifikační třída	F	E	D	D	E	D	E
Slovní hodnocení	velmi ne- hospodár- ná	ne- hospodár- ná	méně úsporná	méně úsporná	ne- hospodár- ná	méně úsporná	ne- hospodár- ná

Vysvětlivky: šedým pozadím označené hodnoty (primární hodnoty) jsou výstupem běžného, pro tuto analýzu, standardního výpočtu, které dále vstupují do analýzy při posouzení skutečných spotřeb energie

## 4.2 Experiment - změna okrajových podmínek při hodnocení budov

V tabulce 4-4 jsou uvedeny hodnoty zobrazující množství dodané energie při zadáných okrajových podmínkách.

### 4.2.1 Změna intenzity větrání hodnocených budov

Tabulka 4-6 Dodaná energie při změně intenzity větrání v posuzovaných budovách

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Navržená intenzita větrání	navržená intenzita větrání pro zónu bytové jednotky i ostatní prostory $n = 0,6 \text{ 1/h}$						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	283	355	497	497	516	547	645
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	77	67	70	65	67	69	73
Odchylka měrných hodnot od $n = 0,5 \text{ 1/h}$	+ 13 %	+14 %	+17 %	+ 18 %	+16 %	+ 15 %	+14 %
Navržená intenzita větrání	navržená intenzita větrání pro zónu bytové jednotky i ostatní prostory $n = 0,5 \text{ 1/h}$						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	251	308	427	418	452	481	562
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	68	59	60	55	58	60	64
Navržená intenzita větrání	navržená intenzita větrání pro zónu bytové jednotky i ostatní prostory $n = 0,4 \text{ 1/h}$						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	221	261	358	342	388	416	481
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	60	50	50	45	50	52	54
Odchylka měrných hodnot od $n = 0,5 \text{ 1/h}$	-12 %	-15 %	-17 %	-18 %	-14 %	- 13 %	-16 %
Navržená intenzita větrání	navržená intenzita větrání pro zónu bytové jednotky i ostatní prostory $n = 0,3 \text{ 1/h}$						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	191	217	292	269	327	351	402
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	52	41	41	35	42	44	46
Odchylka měrných hodnot od $n = 0,5 \text{ 1/h}$	-24 %	-31 %	-32 %	-36 %	-28 %	-27 %	-28 %

Vysvětlivky: šedým pozadím označené hodnoty (primární hodnoty) jsou výstupem běžného, pro tuto analýzu, standardního výpočtu, hodnoty s bílým pozadím označují alternativní možnost výpočtu se změněnou okrajovou podmínkou: změna zadání intenzity větrání.



Hodnota intenzity větrání hodnocených budov pro stávající stav budov byla zvolena  $n = 0,5 \text{ 1/h}$ , a to dle hygienických doporučení vycházejících např. z normy [8], která požaduje intenzitu větrání obytných budov v rozmezí hodnot  $0,3 \text{ 1/h}$  až  $0,6 \text{ 1/h}$ . Při praktickém užívání místností se velmi často tato hodnota intenzity větrání pohybuje v nízkých hodnotách, kdy uživatelé nezajišťují dostatečnou intenzitu větráním, čímž na jedné straně snižují skutečnou spotřebu energie na vytápění, ovšem zvyšují vlhkost v interiéru (nad uvažovaných 50% pro obytné místnosti), která zajišťuje příčinu možnosti vzniku plísní v kritických detailech, jako jsou např. kouty místností, nadpraží oken apod.

Změna intenzity větrání obytných budov v intervalu  $0,3$  až  $0,6 \text{ 1/h}$  vede k podstatné změně výsledných spotřeb energií na vytápění, jak je znázorněno v tabulce 4-6, kde jsou uvedeny hodnoty množství celkové dodané energie na vytápění stanovené při změnách hodnot intenzity větrání posuzovaných budov, při zadání normou [8] pořadovaných hodnot intenzity větrání v intervalu  $0,3 \text{ 1/h}$  až  $0,6 \text{ 1/h}$ . Tabulka 4-6 zobrazuje také procentuální změny mezi měrnými hodnotami celkové dodané energie na vytápění při změnách okrajových podmínkách, a to za předpokladu, že intenzitu větrání  $n = 0,5 \text{ 1/h}$  považujeme za primární a o nichž je proveden výpočet procentuální změny.

*Tabulka 4-7 Rozptyl vypočtených max. a min. hodnot celkové dodané energie na vytápění při změně zadání intenzity větrání interiéru v rozmezí hodnot  $n = 0,3$  až  $0,6 \text{ 1/h}$*

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Rozptyl hodnot celkové dodané energie na vytápění [GJ]	92	138	205	228	189	196	243
Rozptyl hodnot měrné dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	25	26	29	30	25	25	27

V tabulce 4-7 jsou uvedeny hodnoty skutečného rozptylu vypočtených hodnot spotřeby energie na vytápění hodnocených vybraných budov pro případ změny okrajových podmínek v oblasti změny zadání hodnot intenzity větrání. V tabulce 4-8 jsou uvedeny průměrné hodnoty odchylek měrných hodnot dodané energie na vytápění pro skupinu vybraných bytových domů pro případ změn okrajových podmínek (změna intenzity větrání  $n = 0,3$  až  $0,6 \text{ 1/h}$ ), a to za předpokladu, že intenzitu větrání  $n = 0,5 \text{ 1/h}$  považujeme za primární.

**Tabulka 4-8** Průměrné odchylky měrných hodnot dodané energie na vytápění při změně zadání intenzity větrání interiéru v rozmezí hodnot  $n = 0,3$  až  $0,6$  1/h

zadání intenzity větrání	Průměrné odchylky pro skupinu vybraných bytových domů
$n = 0,6$ 1/h	+ 15 %
$n = 0,5$ 1/h	---
$n = 0,4$ 1/h	- 15 %
$n = 0,3$ 1/h	- 29 %

Tabulka 4-8 jasně znázorňuje nezanedbatelný vliv zadání okrajových podmínek, pro tento případ zadání intenzity větrání, na výsledný výpočet. Platná legislativa ovšem umožňuje zadání všech hodnot intenzity větrání v intervalu hodnot  $n = 0,3$  až  $0,6$  1/h.

#### 4.2.2 Změna započtení vlivu tepelných vazeb

Tak jako změna zadání intenzity větrání interiéru budov řešená v předchozí kapitole, tak i změna zadání vlivu tepelných vazeb vede k podstatné změně výsledných spotřeb energií na vytápění.

**Tabulka 4-9** Hodnoty dodané energie při změně zadání vlivu tepelných vazeb

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Způsob zadání vlivu tepelných vazeb	přibližné zadání vlivu tepelných vazeb, a to pomocí $\Delta U_{em} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	251	308	427	418	452	481	562
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	68	59	60	55	58	60	64
Způsob zadání vlivu tepelných vazeb	přibližné zadání vlivu tepelných vazeb, a to pomocí $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	268	325	452	443	480	506	594
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	72	62	64	58	62	63	67
Odchylka měrných hodnot od $\Delta U_{em} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	+ 6 %	+ 5 %	+ 7 %	+ 5 %	+ 7 %	+ 5 %	+ 5 %

Vysvětlivky: šedým pozadím označené hodnoty (primární hodnoty) jsou výstupem běžného, pro tuto analýzu, standardního výpočtu, hodnoty s bílým pozadím označují alternativní možnost výpočtu se změněnou okrajovou podmínkou: změna zadání vlivu tepelných vazeb.

Možnosti zadání vlivu tepelných vazeb do výpočtu energetické náročnosti budov jsou řešeny v kapitole: „3.2.6 Tepelné vazby mezi konstrukcemi“.

Je diskutabilní, zda zvolit vliv tepelných vazeb u budov, které prošly celkovou sanací spojenou se zateplením obvodového pláště a výměnou výplní otvorů v minulosti, pomocí průměrného vlivu tepelných vazeb udávaného hodnotou  $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nebo  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Vysvětlení použitých hodnot je uvedeno v tabulce 3-7. V tabulce 4-9 jsou uvedeny hodnoty množství celkové dodané energie na vytápění stanovené při změně zadání vlivu tepelných vazeb. Přesné zadání vlivu tepelných vazeb nebylo v této disertační práci řešeno, a to z důvodu rozsáhlosti výpočtu.

*Tabulka 4-10 Rozptyl vypočtených max. a min. hodnot celkové dodané energie na vytápění při změně zadání vlivu tepelných vazeb*

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Rozptyl hodnot celkové dodané energie na vytápění [GJ]	25	20	17	25	28	25	32
Rozptyl hodnot měrné dodané energie na vytápění [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ]	3	3	4	3	4	3	3

V tabulce 4-10 jsou uvedeny hodnoty skutečného rozptylu vypočtených hodnot spotřeby energie na vytápění hodnocených vybraných budov pro případ změny okrajových podmínek v oblasti změny zadání vlivu tepelných vazeb.

*Tabulka 4-11 Průměrné odchylky měrných hodnot dodané energie na vytápění při změně zadání vlivu tepelných vazeb*

zadání vlivu tepelných vazeb	Průměrné odchylky pro skupinu vybraných bytových domů
$\Delta U_{\text{em}} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	---
$\Delta U_{\text{em}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	+ 6 %

V tabulce 4-11 jsou uvedeny průměrné hodnoty odchylek měrných hodnot dodané energie na vytápění pro skupinu vybraných bytových domů pro případ změn okrajových podmínek (změna zadání vlivu tepelných vazeb,  $\Delta U_{\text{em}} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a  $\Delta U_{\text{em}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ), a to za předpokladu, že tepelné vazby u revitalizovaných bytových domů jsou považovány za důsledně optimalizované  $\Delta U_{\text{em}} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  - primární hodnota. Tabulka 4-11 jasně znázorňuje vliv zadání okrajových podmínek, pro tento případ zadání tepelných vazeb, na výsledný výpočet.

#### 4.2.3 Změna posouzení tepelné akumulace zóny

Tepelná akumulace konstrukcí tvořících budovu má vliv na energetickou náročnost budovy. Do výpočtu vstupuje tepelná akumulace prostřednictvím zadání vnitřní

tepelné kapacity zóny vztažené na jednotku podlahové plochy. Dle normy [16] se zadává hodnota tepelné kapacity při neznalosti konkrétních hodnot dle druhu konstrukcí: (velmi lehké konstrukce, lehké konstrukce, středně těžké konstrukce, těžké konstrukce a velmi těžké konstrukce).

Tabulka 4-12 Hodnoty dodané energie při změně zadání tepelné akumulace zóny

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Zadání tepelné akumulace zóny	Vnitřní tepelná kapacita zóny 260 kJ/(m <sup>2</sup> .K) = těžké konstrukce						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	251	308	427	418	452	481	562
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	68	59	60	55	58	60	64
Zadání tepelné akumulace zóny	Vnitřní tepelná kapacita zóny 370 kJ/(m <sup>2</sup> .K) = velmi těžké konstrukce						
Celková dodaná energie na vytápění [GJ]	249	305	422	412	448	476	557
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	67	58	59	54	58	60	63
Odchylka měrných hodnot od Vnitřní tepelná kapacita zóny 260 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	- 1 %	-2 %	-2 %	-2 %	± 0 %	± 0 %	-2 %

Vysvětlivky: šedým pozadím označené hodnoty jsou výstupem běžného, pro tuto analýzu, standardního výpočtu, hodnoty s bílým pozadím označují alternativní možnost výpočtu se změněnou okrajovou podmínkou: změna posouzení tepelné akumulace zóny.

Pro případ této analýzy byly zvoleny hodnoty tepelné akumulace pro těžké a velmi těžké konstrukce, a to z důvodu podobného typu konstrukcí bytových domů (panelové domy - domy z blokopanelů a jeden dům zděný). Rozhodnutí o zařazení druhu konstrukce budovy je závislé na subjektivním posouzení energetického specialisty, který zpracovává posouzení energetické náročnosti budovy.

Tabulka 4-13 Rozptyl vypočtených hodnot celkové dodané energie na vytápění při změně zadání tepelné akumulace zóny (těžké konstrukce x velmi těžké konstrukce)

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Rozptyl hodnot celkové dodané energie na vytápění [GJ]	2	3	5	6	4	5	5
Rozptyl hodnot měrné dodané energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	1	1	1	1	1	0	1

V tabulce 4-13 jsou uvedeny hodnoty skutečného rozptylu vypočtených hodnot spotřeby energie na vytápění hodnocených vybraných budov pro případ změny okrajových podmínek v oblasti změny zadání tepelné akumulace zóny, a to prostřednictvím zadání vnitřní tepelné kapacity zóny. V tabulce 4-14 jsou uvedeny průměrné hodnoty odchylek měrných hodnot dodané energie na vytápění pro skupinu vybraných bytových domů pro případ změn okrajových podmínek (změna zadání tepelné akumulace zóny), a to za předpokladu, že vnitřní tepelná kapacita zóny 260 kJ/(m<sup>2</sup>.K) se považuje za primární hodnotu.

Tabulka 4-14 Průměrné odchylky měrných hodnot dodané energie na vytápění při změně zadání tepelné akumulace zóny

Zadání tepelné akumulace zóny	Průměrné odchylky pro skupinu vybraných bytových domů
Vnitřní tepelná kapacita zóny 370 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	- 1 %
Vnitřní tepelná kapacita zóny 260 kJ/(m <sup>2</sup> .K)	---

Tabulka 4-11 jasně znázorňuje nevelký vliv zadání okrajových podmínek, pro tento případ zadání tepelné akumulace zóny.

#### 4.2.4 Změna nastavení vnitřní výpočtové teploty

Tato kapitola studie je věnována vlivu uživatelů na energetickou náročnost budovy, a to zadáním vlastního požadavku na teplotu vnitřního vzduchu. Cílem této kapitoly je stanovení procentuální závislosti nárůstu/poklesu vypočtené spotřeby energie na vytápění při změně zadání vnitřní teploty v bytech, která je typická pro domácnosti.

Nastavení vnitřní výpočtové teploty pro hodnocení energetické náročnosti bytového domu je dáno legislativně. Hodnoty vnitřní výpočtové teploty pro bytové domy jsou uvedeny v tabulce .

Tabulka 4-15 Hodnoty dodané energie při změně zadání vnitřní teploty v bytových jednotkách v intervalu 18 °C až 22 °C

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Vnitřní teplota	Vnitřní teplota v bytových jednotkách je nastavena na 18 °C						
Celková energie na vytápění [GJ]	215	261	356	352	382	408	478
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	58	50	50	46	49	51	54
Odchylka od teploty 20 °C	- 15 %	- 15 %	- 17 %	- 16 %	- 16 %	- 15 %	- 15 %
Vnitřní teplota	Vnitřní teplota v bytových jednotkách je nastavena na 19 °C						
Celková energie na vytápění [GJ]	232	284	390	384	416	443	518
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	63	54	55	50	54	56	59
Odchylka od teploty 20 °C	- 7 %	- 8 %	- 8 %	- 9 %	- 7 %	- 7 %	- 8 %
Vnitřní teplota	Vnitřní teplota v bytových jednotkách je nastavena na 20 °C						
Celková energie na vytápění [GJ]	251	308	427	418	452	481	562
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	68	59	60	55	58	60	64
Vnitřní teplota	Vnitřní teplota v bytových jednotkách je nastavena na 21 °C						
Celková energie na vytápění [GJ]	272	333	465	453	489	519	608
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	74	63	65	59	63	65	69
Odchylka od teploty 20 °C	+ 9 %	+ 7 %	+ 8 %	+ 7 %	+ 9 %	+ 8 %	+ 8 %
Vnitřní teplota	Vnitřní teplota v bytových jednotkách je nastavena na 22 °C						
Celková energie na vytápění [GJ]	293	360	505	491	529	561	656
Měrná dodaná energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	79	68	71	64	68	70	74
Odchylka od teploty 20 °C	+ 16 %	+ 15 %	+ 18 %	+ 16 %	+ 17 %	+ 17 %	+ 16 %

Vysvětlivky: šedým pozadím označené hodnoty jsou výstupem běžného, pro tuto analýzu, standardního výpočtu, hodnoty s bílým pozadím označují alternativní možnost výpočtu se změněnou okrajovou podmínkou: změna zadání vnitřní teploty

Ze zkušenosti lze ovšem konstatovat, že ne všichni uživatelé se chovají stejně, nemají nastavenou teplotu v obytných místnostech na 20 °C. Část obyvatelstva nevnímá tepelnou pohodu při teplotě vnitřního vzduchu v interiéru obytných místností 20 °C. Ve výsledné chování uživatelů bytových domů se většinou zprůměruje teplota na výsledných 20 °C tím, že jednotliví uživatelé mají nastavenou teplotu vnitřního vzduchu v intervalu 18 °C až 22 °C.

Tato informativní část analýzy stanovuje potřebu energie na vytápění při nastavení vnitřní teploty v intervalu 18 °C až 20 °C, ostatní parametry okrajových podmínek byly zvoleny jako ty, které jsme v předchozích kapitolách analýzy položili za primární.

*Tabulka 4-16 Rozptyl vypočtených hodnot celkové dodané energie na vytápění při změně zadání teploty vnitřního vzduchu v bytech*

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Rozptyl hodnot celkové dodané energie na vytápění [GJ]	78	99	149	139	147	153	178
Rozptyl hodnot měrné dodané energie na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	21	18	21	18	19	19	20

V tabulce 4-16 jsou uvedeny hodnoty skutečného rozptylu vypočtených hodnot spotřeby energie na vytápění hodnocených vybraných budov pro případ změny okrajových podmínek v oblasti změny zadání vnitřní teploty v bytech, a to v intervalu hodnot 18 až 22 °C. V tabulce 4-17 jsou uvedeny průměrné hodnoty odchylek měrných hodnot dodané energie na vytápění pro skupinu vybraných bytových domů pro případ změny zadání vnitřní teploty v bytech. Za primární hodnotu je zde normou požadovaná teplota 20 °C, ostatní teploty norma nepřipouští, ale jsou typické pro skutečné užívání bytových jednotek.

*Tabulka 4-17 Průměrné odchylky měrných hodnot dodané energie na vytápění při změně zadání teploty vnitřního vzduchu v bytech*

Nastavení vnitřní teploty v bytech	Průměrné odchylky pro skupinu vybraných bytových domů
Vnitřní teplota v bytech je 18 °C	- 16 %
Vnitřní teplota v bytech je 19 °C	- 8 %
Vnitřní teplota v bytech je 20 °C	---
Vnitřní teplota v bytech je 21 °C	+ 8 %
Vnitřní teplota v bytech je 22 °C	+ 16 %

Z tabulky 4-17 vyplývá výrazný vliv uživatelů na celkovou energetickou náročnost budovy. Při změně vnitřní teploty v bytech o jeden stupeň se průměrně celková



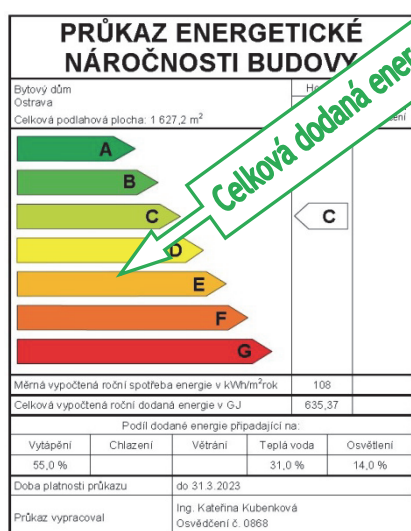
dodaná energie na vytápění změní o 8%, při změně vnitřní teploty v bytech o dva stupně se průměrně celková dodaná energie na vytápění změní o 16%.

### 4.3 Průkaz energetické náročnosti budovy

Současně platná legislativa vyžaduje zpracování průkazů energetické náročnosti budovy pro novostavby, dále pak pro budovy, které patří orgánům veřejné moci, pro budovy, které jsou určeny k prodeji nebo k pronájmu a pro budovy bytových domů, a to dle velikosti energeticky vztažné plochy. Přesné znění požadavků, kdy je nutné zpracování průkazů energetické náročnosti, je uvedeno v zákoně [23].

Dokument s označením průkaz energetické náročnosti budovy zavedla do legislativy již vyhláška [24], která je v současné době již neplatná. Platnost průkazu energetické náročnosti budovy je ovšem 10 let, tedy je vysoce pravděpodobné, že se můžeme v praxi setkat s budovami, které budou mít zpracovaný průkaz energetické náročnosti, dle dříve platné vyhlášky [24]. V současnosti je nutné zpracovávat průkazy energetické náročnosti budovy dle vyhlášky [25]. Průkazy energetické náročnosti budov je možné zpracovávat prostřednictvím software např. [34], [35], [36], aj.

Z důvodu existence průkazů energetické náročnosti budovy zpracovaných dle [24] a stále platnosti těchto průkazů (platnost je 10 let od doby jejich vytvoření, vytvořených nejpozději 31.3.2013) je tato kapitola věnována porovnání těchto dvou průkazů.



Obrázek 4-3: Grafické znázornění PENB zpracovaného dle dneš již neplatné vyhlášky [24], platnost těchto PENB je max. do 31.3.2023



Obrázek 4-2: Grafické znázornění PENB zpracovaného dle současně platné vyhlášky [25]

V tabulce 4-18 jsou uvedeny rozdíly hodnocení průkazu energetické náročnosti dle obou vyhlášek (dříve platné i současně platné). Nejdůležitějším různým faktorem hodnocení je plocha, díky níž se přepočítává celková dodaná energie na měrnou dodanou energii. V hodnocení dle [24] se přepočet realizoval pomocí celkové vnitřní plochy vymezené vnitřními stranami vnějších obvodových konstrukcí. V hodnocení dle [25] se přepočet realizuje pomocí energeticky vztažené plochy vymezené vnějšími stranami vnějších obvodových konstrukcí. Výrazně se změnilo i zařídování budov do klasifikačních tříd. Zatímco u budov hodnocených dle [24] se budova zařídovála dle striktních tabulkově daných hodnot, hodnocení dle [25] je spojeno se srovnáním skutečné budovy a budovy referenční. Klasifikační třída C tabulkově stanovena pro bytové domy dle vyhlášky [24] obsahuje budovy s měrnou dodanou energií v intervalu 83 - 120 kWh/(m<sup>2</sup>.rok). Přesná definice referenční budovy je uvedena ve vyhlášce [24]. Shodou okolností všechny budovy, které jsou součástí této analýzy, jsou zařazeny do klasifikační třídy B dle hodnocení dříve platné vyhlášky [24] a do klasifikační třídy C dle hodnocení současně platné vyhlášky [25] viz. tabulka 4-18.

Z tabulky 4-18 je patrné, že výsledné hodnocení budov není totožné, existují rozdíly ve výpočtu měrné spotřeby energie, ovšem tyto rozdíly nedosahují značných velikostí.

Dalším parametrem, který v metodice hodnocení dle vyhlášky [24] vůbec nebyl zmiňován, je hodnocení primární energie, a to jak obnovitelné, tak i neobnovitelné primární energie. Ve výsledku se zavedla kritéria, která neumožňují instalaci jakýchkoli zdrojů do budov novostaveb či stavebních úprav stávajících staveb. Např. dle vyhlášky [25] není možné navrhnout novostavbu, která by byla vytápěna pouze elektrickou energií ve formě zdroje: elektrický kotel, přímotopy, elektrické podlahové topení, a to s platností od 1.4.2013.

Hodnocení primární energie je spojeno s tématem udržitelného rozvoje a udržitelnosti staveb. Zatím je tedy legislativně budova hodnocena z pohledu spotřeby primární energie jen v období provozu budovy, není zde ještě zavedeno hodnocení spotřeby primární energie tzv. svázané, tedy spotřebované energie během realizace budovy, výroby materiálů, apod. Je předpokladem, že v budoucnosti toto hodnocení bude součástí platné legislativy. V současnosti se setkáme s hodnocením svázané energie např. hodnocení dle SBTool CZ [39].

Tabulka 4-18 Rozdíly hodnocení průkazů energetické náročnosti dle vyhlášky [24] a [25]

	Soustava T 02 B	Soustava G 57	Soustava T 06 B	Soustava OP 1.11	Zděná budova	Soustava HK 60	Soustava BP 70 OS
Celková vnitřní plocha	892,5	1307,1	1801,8	1937,7	1929,7	2017	2226,9
Energeticky vztažná plocha	1027,4	1460,1	1974,7	2127,6	2152,6	2215,8	2454,8
Celková dodaná energie [GJ] )	354	486	616	703	664	678	835
Měrná dodaná energie [kWh/m <sup>2</sup> ] dle [24]	110	103	95	101	96	93	104
Měrná dodaná energie [kWh/m <sup>2</sup> ] dle [25]	96	92	87	92	86	85	94
Odchylka výpočtu dle [24] od výpočtu dle [25]	+ 15 %	+ 12 %	+ 9 %	+ 10 %	+ 12 %	+ 9 %	+ 11 %
Klasifikační třída dle [24]	C	C	C	C	C	C	C
Klasifikační třída dle [25]	C	C	C	C	C	C	C

Vysvětlivky: \*) přepočet: spotřeba tepla 3,6 GJ = tepelný výkon 1 MWh

#### 4.4 Grafické znázornění a vyhodnocení spotřeby energie na vytápění

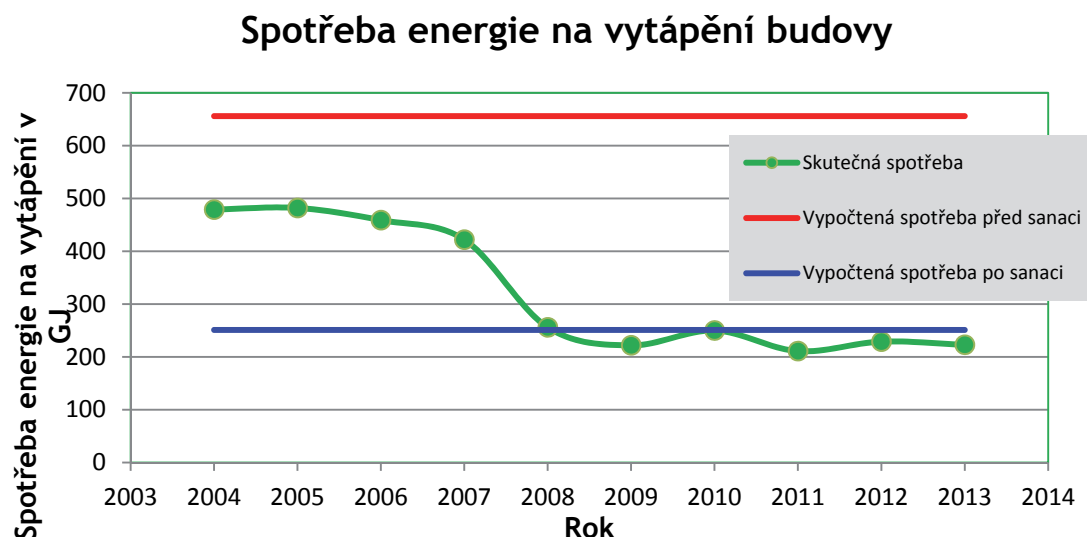
Pro vybrané budovy bytových domů, které jsou součástí této analýzy, je zpracováno grafické znázornění vypočtených hodnot spotřeby energie na vytápění, jako té vybrané části spotřeby energie, která je jednoduše měřitelná u všech vybraných budov. Ostatní spotřeby jako např. osvětlení, nucené větrání hygienických zařízení, spotřeba elektrické energie na provoz domácností nelze jednoduše experimentálně oddělit, pokud tedy cíleně nejsou měřeny zvlášť, a to v případě většiny bytových domů nejsou.

Z grafického zobrazení jsou patrné možné nesrovnalosti výpočtu při posuzování původních stavů budovy. Tato skutečnost je způsobena v současnosti již nemožným ověřením stavu budov v původním stavu.

Tato disertační práce zobrazuje možnosti výpočtu energetické náročnosti budov především ve stávajícím stavu, hodnocení původního stavu není primárním úkolem této analýzy.

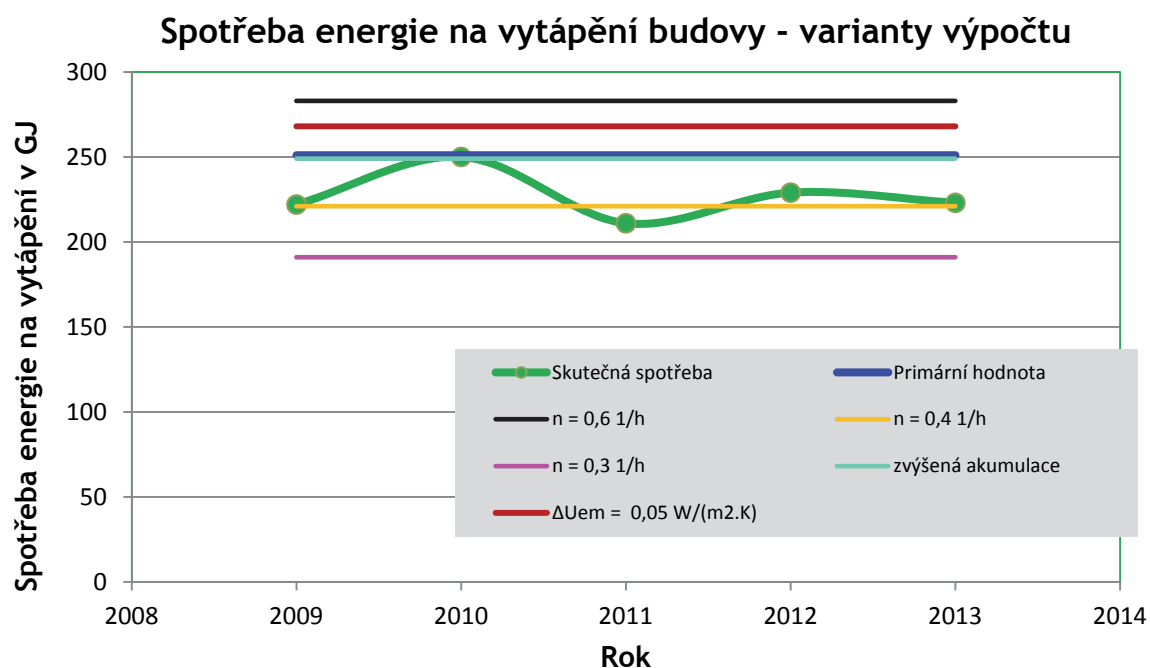
#### 4.4.1 Bytový dům konstrukční soustavy T 02 B

Pro budovu konstrukční soustavy T 02 B, která se nachází na ul. Poštovní ve Frýdlantu nad Ostravicí je zpracován graf 4-1 a 4-2. V grafu 4-1 jsou znázorněny skutečné spotřeby energií i vypočtené spotřeby energií, a to vytápění bytového domu.



Graf 4-1 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy T 02 B

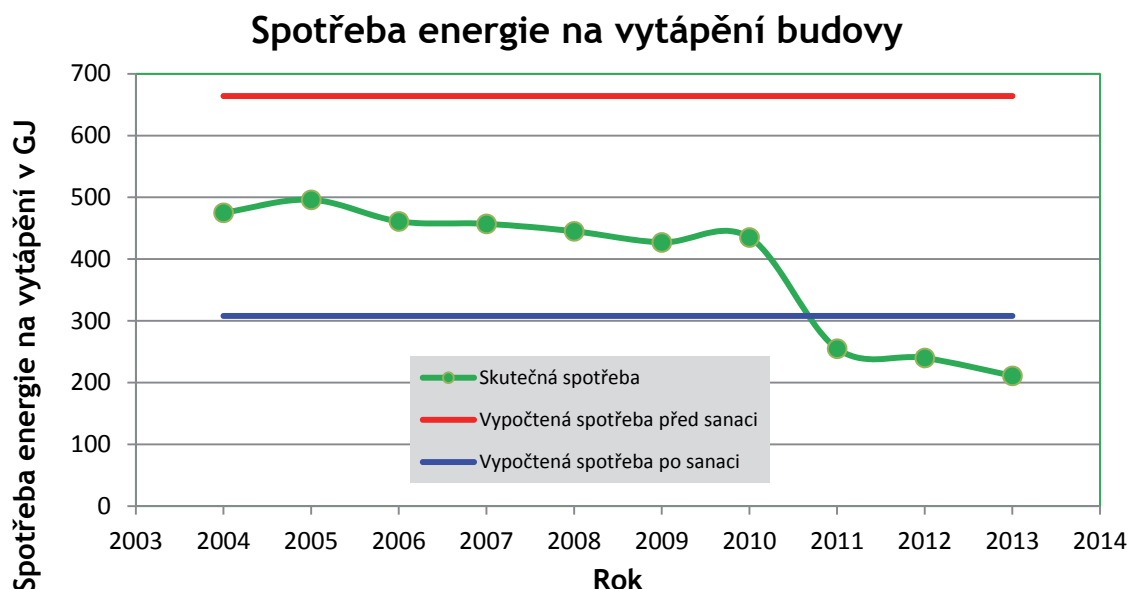
V grafu 4-2 je znázorněna skutečná spotřeba energie a variantní řešení výpočtu spotřeby energie při změně okrajových podmínek.



Graf 4-2 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy T 02 B, znázornění vypočtených hodnot při variantním řešení změny okrajových podmínek při výpočtu

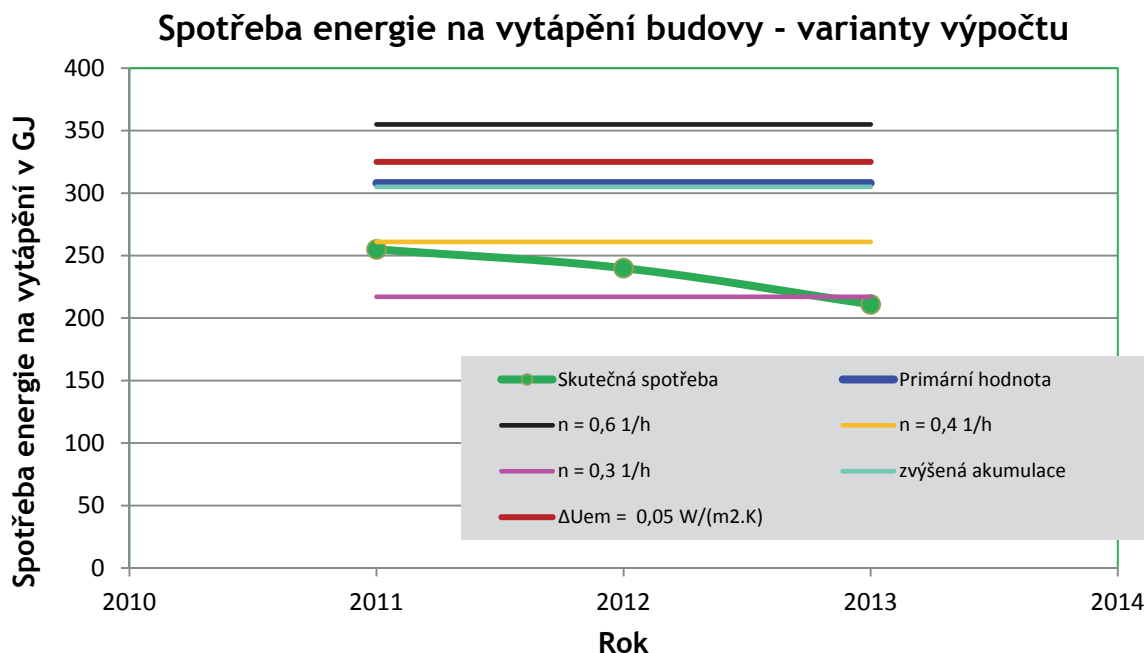
#### 4.4.2 Bytový dům konstrukční soustavy G 57

Pro budovu konstrukční soustavy G 57, která se nachází na ul. Frýdlantská ve Frýdku - Místku je zpracován graf 4-3 a 4-4. V grafu 4-3 jsou znázorněny skutečné spotřeby energií i vypočtené spotřeby energií, a to pouze pro vytápění bytového domu.



Graf 4-3 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy G 57

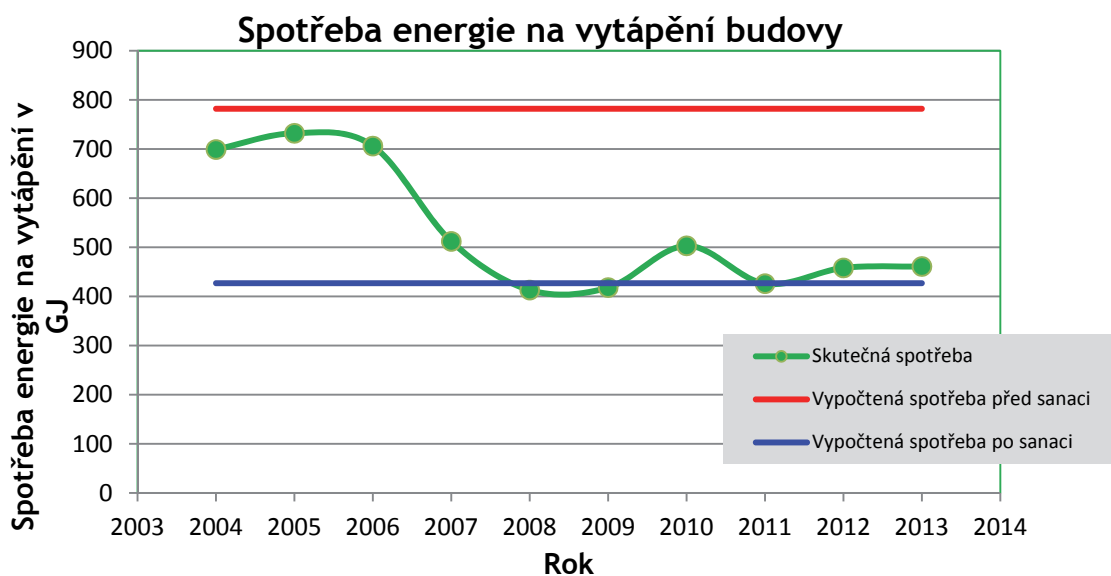
V grafu 4-4 je znázorněna skutečná spotřeba energie a variantní řešení výpočtu spotřeby energie při změně okrajových podmínek.



Graf 4-4 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy T 02 B, znázornění vypočtených hodnot při variantním řešení změny okrajových podmínek při výpočtu

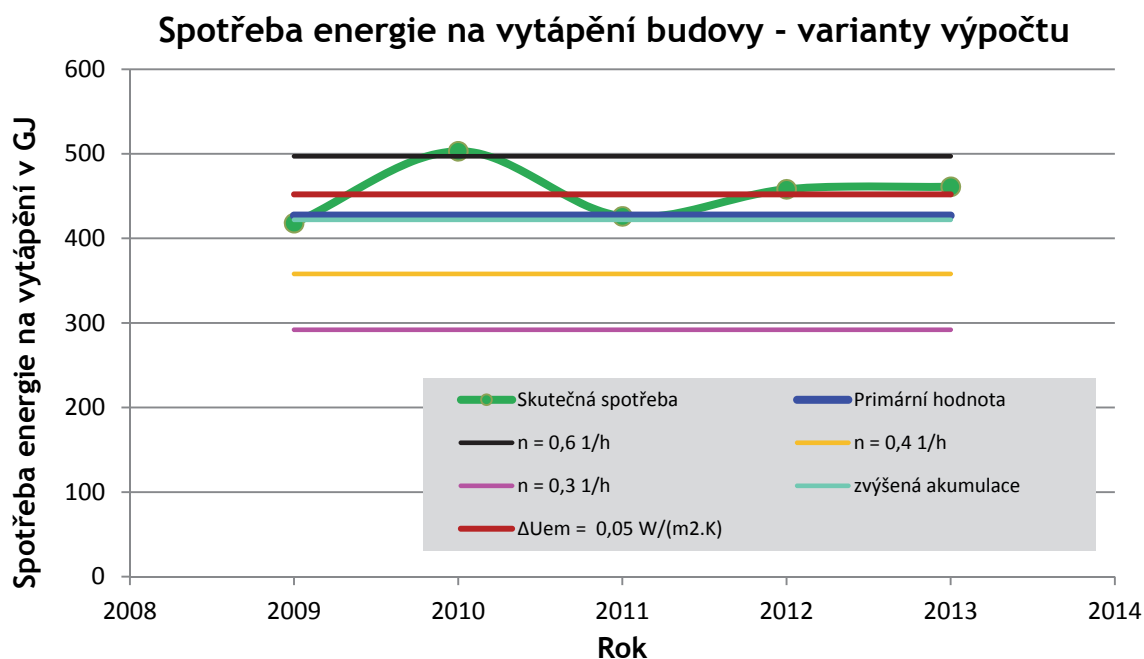
#### 4.4.3 Bytový dům konstrukční soustavy T 06 B

Pro budovu konstrukční soustavy T 06 B, která se nachází na ul. Nerudova ve Frýdlantu nad Ostravicí je zpracován graf 4-5 a 4-6. V grafu 4-5 jsou znázorněny skutečné spotřeby energií i vypočtené spotřeby energií, a to pro vytápění bytového domu v období let 2004 až 2013.



Graf 4-5 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy T 06 B

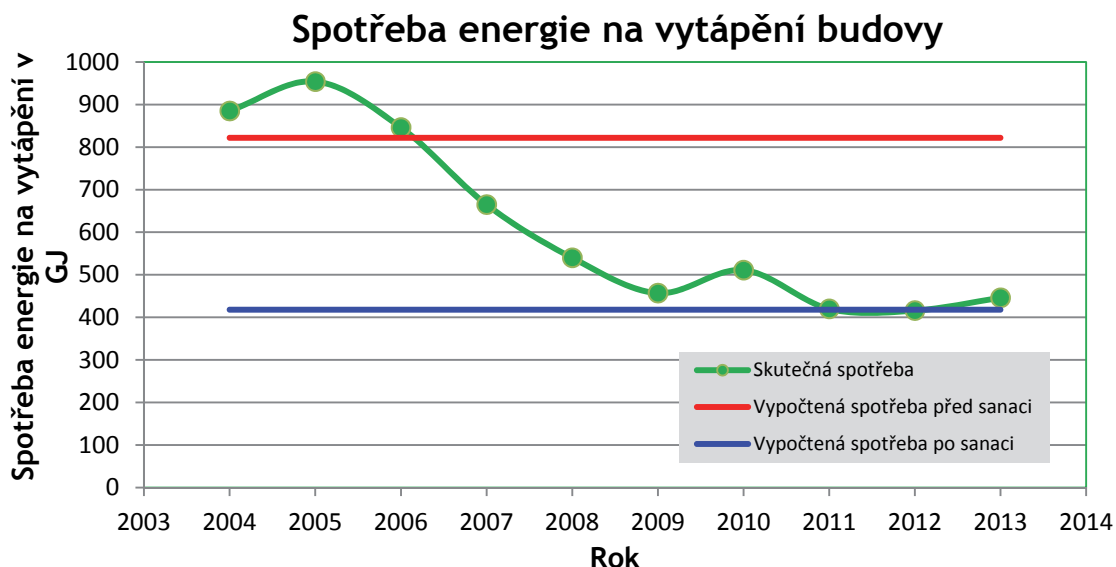
V grafu 4-6 je znázorněna skutečná spotřeba energie a variantní řešení výpočtu spotřeby energie při změně okrajových podmínek.



Graf 4-6 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy T 06 B, znázornění vypočtených hodnot při variantním řešení změny okrajových podmínek při výpočtu

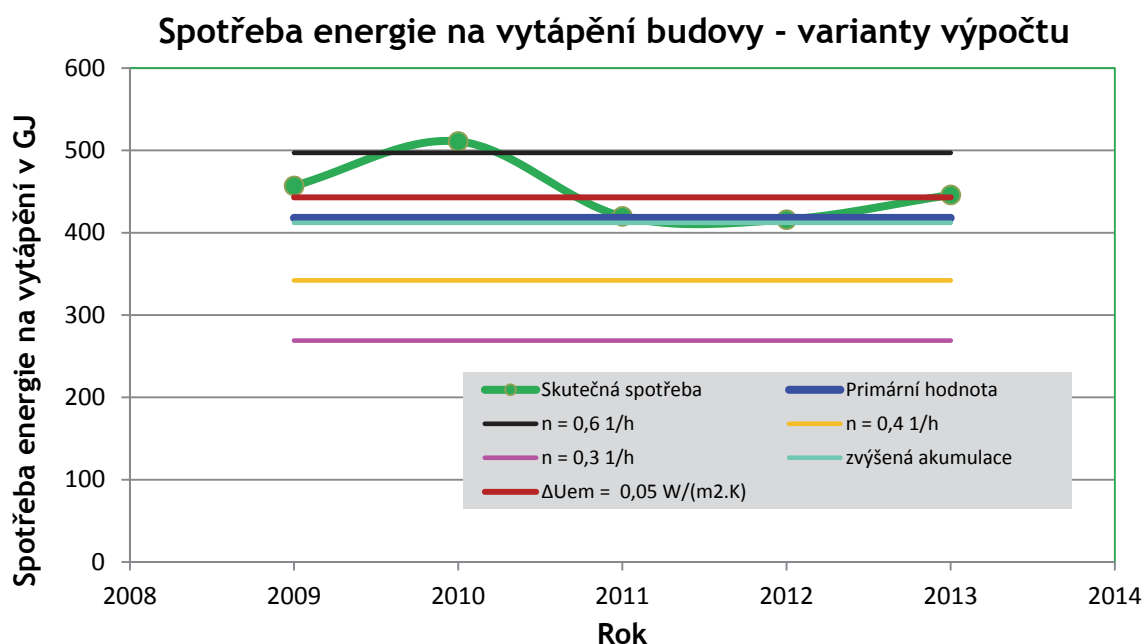
#### 4.4.4 Bytový dům konstrukční soustavy OP 1.11

Pro budovu konstrukční soustavy OP 1.11, která se nachází na ul. Dělnická v Bruntálu je zpracován graf 4-7 a graf 4-8. V grafu 4-7 jsou znázorněny skutečné spotřeby energií i vypočtené spotřeby energií, a to pro vytápění bytového domu v období let 2004 až 2013.



Graf 4-7 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy OP 1.11 v rozmezí let 2004 až 2013

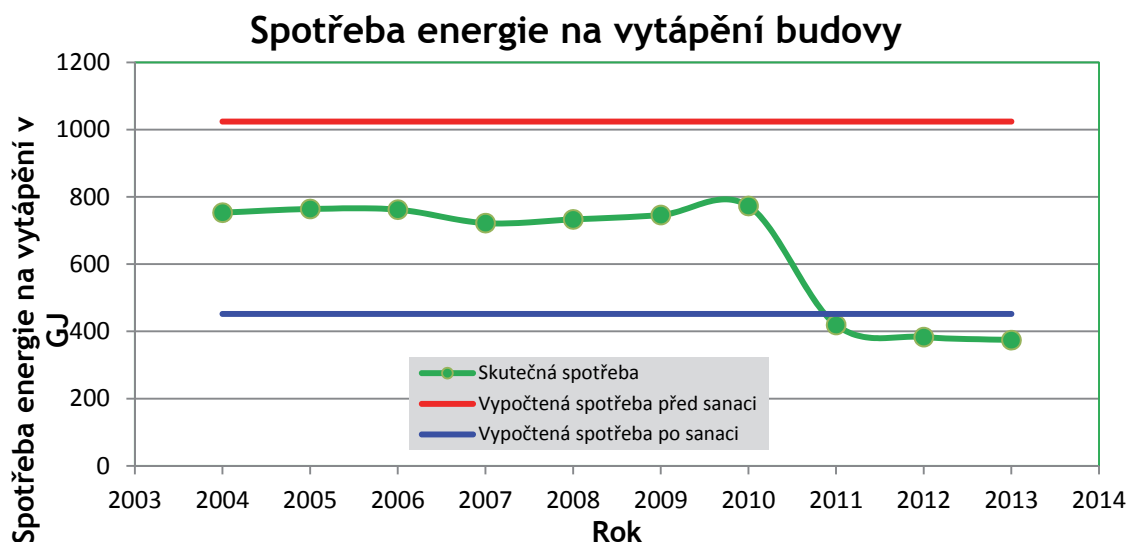
V grafu 4-8 je znázorněna skutečná spotřeba energie a variantní řešení výpočtu spotřeby energie při změně okrajových podmínek.



Graf 4-8 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy OP 1.11, znázornění vypočtených hodnot při variantním řešení změny okrajových podmínek při výpočtu

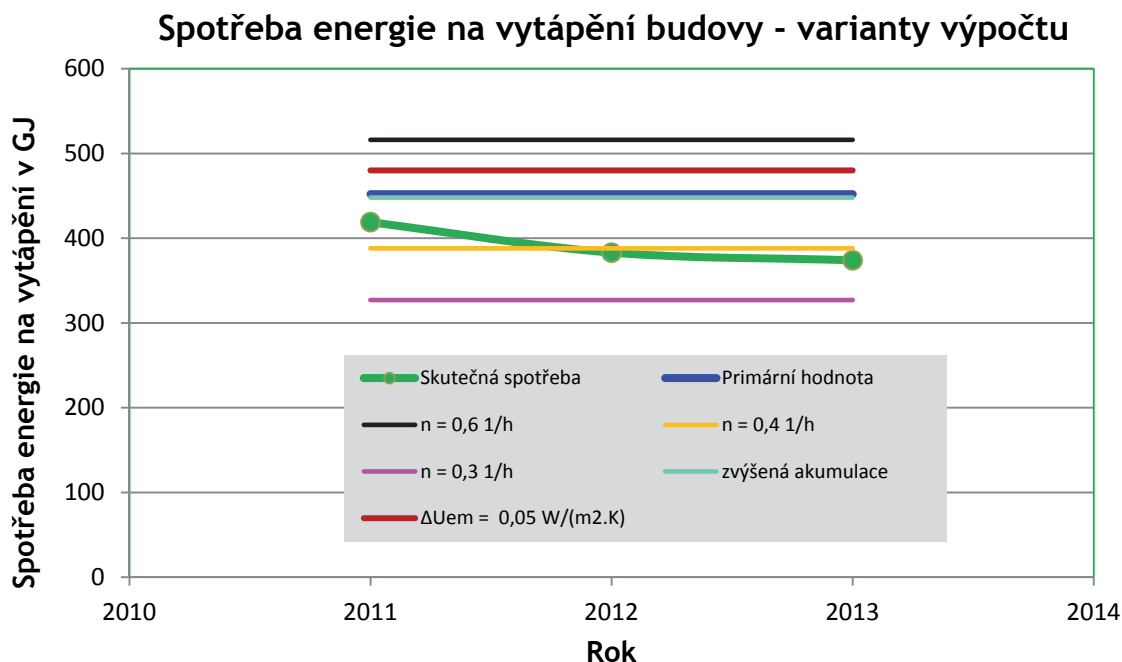
#### 4.4.5 Zděný bytový dům

Pro budovu zděného bytového domu, která se nachází na ul. Hlavní ve Frýdlantu nad Ostravicí je zpracován graf 4-9 a 4-10. V grafu 4-9 jsou znázorněny skutečné spotřeby energií i vypočtené spotřeby energií, a to pouze pro vytápění bytového domu.



Graf 4-9 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění zděného bytového domu

V grafu 4-10 je znázorněna skutečná spotřeba energie a variantní řešení výpočtu spotřeby energie při změně okrajových podmínek.

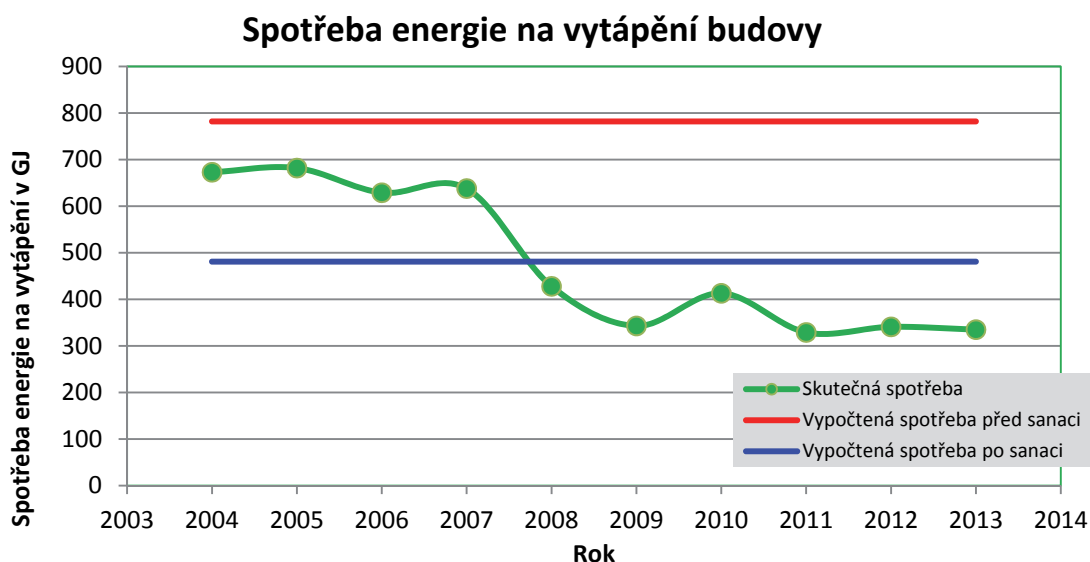


Graf 4-10 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění zděného bytového domu, znázornění vypočtených hodnot při variantním řešení změny okrajových podmínek při výpočtu



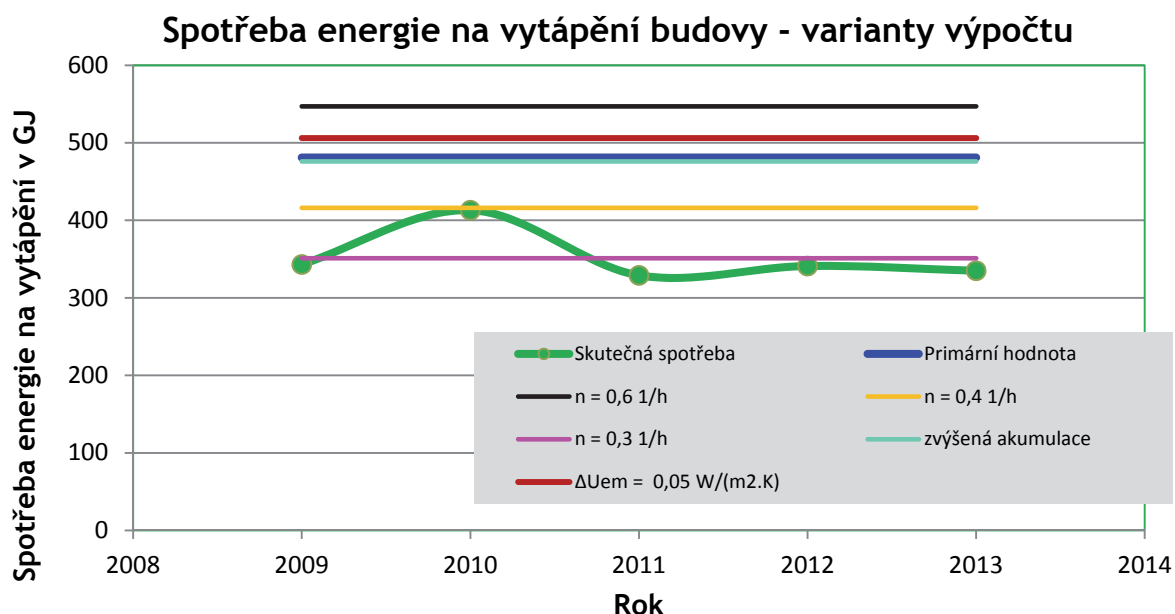
#### 4.4.6 Bytový dům konstrukční soustavy HK 60

Pro budovu konstrukční soustavy HK 60, která se nachází na ul. Slavíkova v Ostravě - Porubě je zpracován graf 4-11 a 4-12. V grafu 4-11 jsou znázorněny skutečné spotřeby energií i vypočtené spotřeby energií, a to pouze pro vytápění bytového domu.



Graf 4-11 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy HK 60

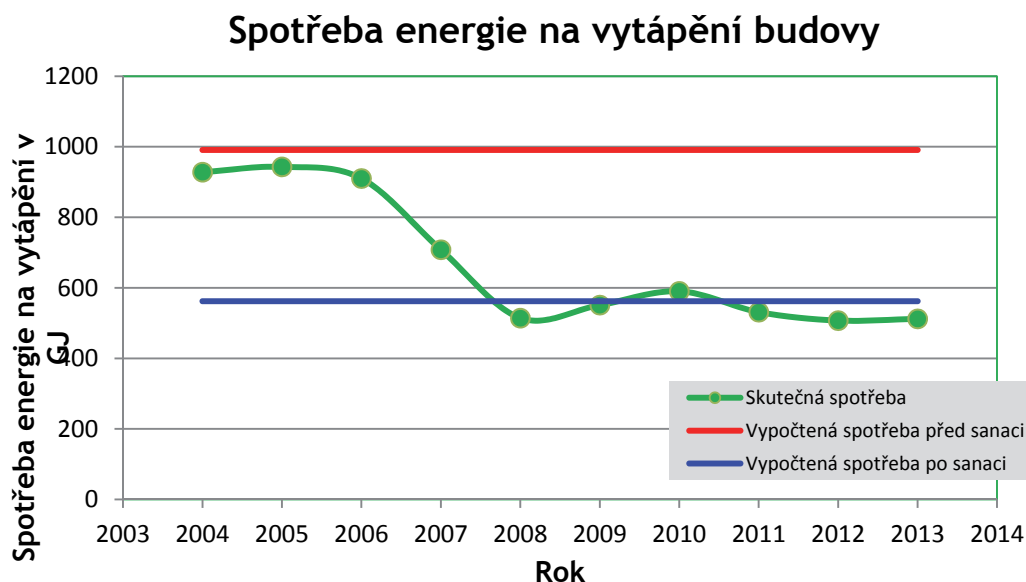
V grafu 4-12 je znázorněna skutečná spotřeba energie a variantní řešení výpočtu spotřeby energie při změně okrajových podmínek.



Graf 4-12 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy HK 60, znázornění vypočtených hodnot při variantním řešení změny okrajových podmínek při výpočtu

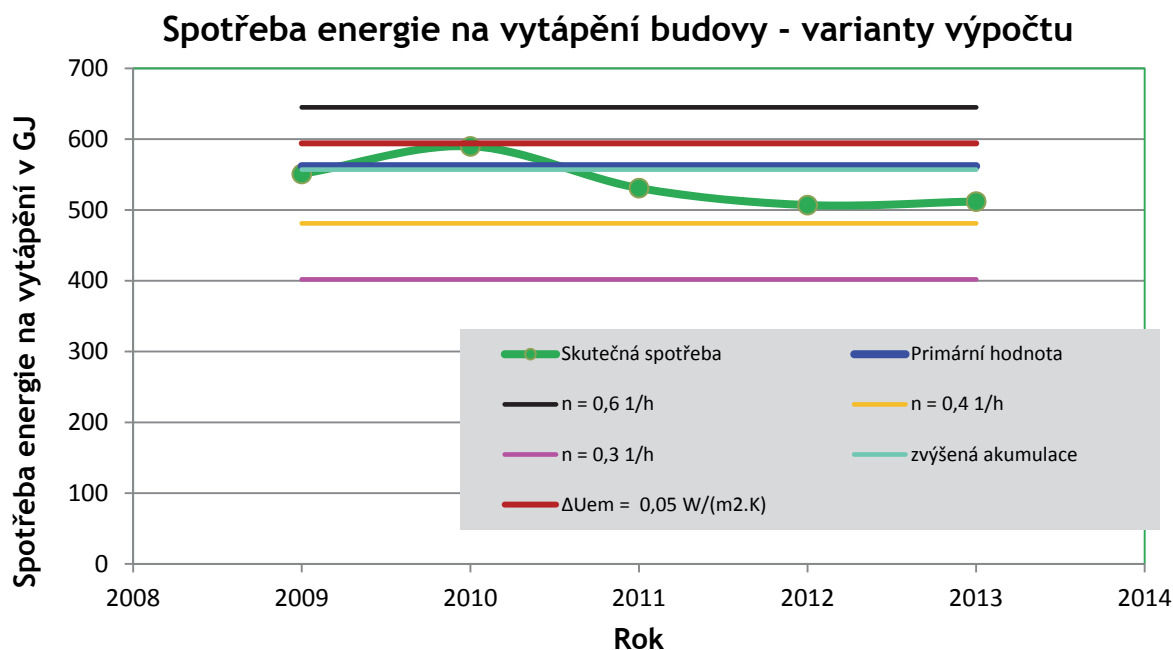
#### 4.4.7 Bytový dům konstrukční soustavy BP 70 OS

Pro budovu konstrukční soustavy y BP 70 OS, která se nachází na ul. Janáčkova ve Frýdlantu nad Ostravicí je zpracován graf 4-13 a 4-14. V grafu 4-13 jsou znázorněny skutečné spotřeby energií i vypočtené spotřeby energií, a to pro vytápění bytového domu.



Graf 4-13 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy BP 70 OS

V grafu 4-14 je znázorněna skutečná spotřeba energie a variantní řešení výpočtu spotřeby energie při změně okrajových podmínek.



Graf 4-14 Grafické znázornění skutečných a vypočtených spotřeb energií na vytápění bytového domu konstrukční soustavy BP 70 OS, znázornění vypočtených hodnot při variantním řešení změny okrajových podmínek při výpočtu

## 4.5 Proč nejsou vypočtené hodnoty totožné se skutečnými hodnotami spotřeby energie na vytápění?

Skutečné hodnoty spotřeby energie na vytápění nejsou každoročně stejné. Je logické, že nemohou být skutečné hodnoty tedy stejné s naměřenými hodnotami. Variabilita skutečných hodnot je dána mnoha faktory. K těm faktorům, které mají nejvýraznější vliv, patří:

1. proměnlivost klimatických vlivů (proměnlivost venkovních teplot, proměnlivost intenzity slunečního záření, proměnná vlhkost venkovního vzduchu),
2. proměnlivost tepelné pohody v interiéru (nestejnorodost požadavků všech uživatelů).

Požadavky uživatelů na tepelnou pohodu (a měření vnitřních teplot v interiérech budov) v rozmezí deseti let zpravidla nelze doložit.

Tabulka 4-19 Vývoj teplot v Moravskoslezském kraji

Moravsko slezský kraj	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Teplota vzduchu skutečná v roce [°C]	7,7	7,4	8,2	8,9	8,8	8,2	7,1	8,2	8,1	7,7
Průměrná teplota vzduchu (1961 - 1990) [°C]	7,0									
Odchylka [°C]	+ 0,7	+ 0,4	+ 1,2	+ 1,9	+ 1,8	+ 1,2	+ 0,1	+ 1,2	+ 1,1	+ 0,7

Lze ovšem doložit vývoj klimatu (a měření venkovních teplot), a to díky podkladům českého hydrometeorologického ústavu [38]. Z tabulky 4-19 je patrný vývoj klimatu. Za období sledovaných 10 let (2004 až 2013) došlo vždy ke zvýšení průměrné teploty během celého roku v porovnání s dlouhodobým průměrem stanoveným pro období let 1961 až 1990.

## 5 KONKRÉTNÍ ZÁVĚRY PRO REALIZACI V PRAXI NEBO PRO DALŠÍ ROZVOJ VĚDNÍHO OBORU

Disertační práce je zaměřena na hodnocení budov z hlediska jejich energetické náročnosti. Toto hodnocení je podpořeno nejen platnou legislativou (zákony, směrnice a vyhlášky na evropské i české úrovni), ale i principy udržitelnosti staveb, ve kterých je nízká energetická náročnost staveb jedním z hlavních pilířů hodnocení.

Provedenou analýzou byl zobrazen výrazný vliv zadání okrajových podmínek na celkové výsledky výpočtů a rovněž byla prokázána rozdílnost skutečné spotřeby energie a vypočtené spotřeby energie. Ačkoli tato analýza byla zaměřena na vliv zadání jen některých okrajových podmínek, prokázala výrazný vliv zadání těchto okrajových podmínek na výsledné vypočtené spotřeby energie v budovách a zdůraznila i vliv zpracovatele (tzv. energetického specialistu) na výsledné výsledky výpočtu.

### Doporučení pro další postup ve výzkumu

Předpokládaný další postup v oblasti hodnocení energetické náročnosti je rozšíření databáze bytových domů, a to budovy výškové s více než 8 podlažími. Další oblastí výzkumu může být ověření vlivu dalších okrajových podmínek na výsledné hodnoty energetické náročnosti budov, a to jak v oblasti spotřeby energie na vytápění, tak i v oblastech spotřeby energie na větrání, chlazení, osvětlení, ohřev teplé vody a zvlhčování vzduchu.

## 6 ZÁVĚR

Disertační práce řeší několik stěžejní částí. Nejprve byly popsány pro tuto analýzu vybrané budovy bytových domů různých konstrukčních soustav realizovaných v druhé polovině minulého století. Pro analýzu byly zvoleny bytové domy s celkovým počtem nadzemních podlaží v rozmezí čtyři až osm, s celkovou energeticky vztažnou podlahovou plochou v rozmezí tisíc až dva tisíce pět set m<sup>2</sup>.

U těchto bytových domů byly experimentálně měřeny a tabulkově vyhodnoceny skutečné spotřeby energií na vytápění. Historie měření byla zkoumána za období let 2004 až 2013. Vybrané bytové domy prošly stavebními úpravami spojenými se snížením energetické náročnosti v oblasti zateplení obvodového pláště, střechy a výměny výplní otvorů v obvodovém plášti. Tyto sanace vedly k přímému snížení spotřeb energií na vytápění budovy. Pro vybrané budovy byly vypočteny tepelně technické charakteristiky konstrukcí, které se nacházejí na systémové hranici budovy. Tyto charakteristiky byly vstupním parametrem pro hodnocení budov z hlediska energetické náročnosti.

Standardní výpočet energetické náročnosti budov byl zaměřen především na množství dodané energie na vytápění, a to z důvodu jednoduše měřitelné spotřeby energie ve skutečném stavu budovy bytového domu. Výpočet energetické náročnosti byl selektován do dílčích částí, a byly stanoveny závislosti změny okrajových podmínek pro výsledné hodnoty spotřeb energií. Posuzování vlivu změny okrajových podmínek bylo zaměřeno na intenzitu větrání v budově, posouzení tepelných vazeb, posouzení tepelné kapacity zóny. Analýzou byl prokázán nejvýraznější vliv zadání intenzity větrání na výsledné hodnoty spotřeby energie. Při zadání intenzity větrání v rozmezí hodnot  $n = 0,6$  až  $0,3$  1/h při primární hodnotě  $n = 0,5$  1/h došlo ke změně vypočtených hodnot spotřeby energie v rozmezí + 13 % až -36 % pro vybrané budovy. Vliv posouzení tepelných vazeb a vliv posouzení tepelné kapacity zóny nebyl výrazný. Posouzení vlivu změny okrajových podmínek bylo doplněno o vliv uživatelů na energetickou náročnost budovy, při změně nastavení vnitřní teploty v bytech bytových domů. Provedenou analýzou byly stanoveny odchylky v rozmezí -17 % až +18 % při změně primární teploty vnitřního vzduchu z 20 °C na hodnoty 18 °C až 22 °C.

Vypočtené hodnoty spotřeb energie na vytápění pro budovy byly dále vyhodnoceny se skutečně naměřenými hodnotami a byly graficky zpracovány. Analýza byla doplněna o hodnocení budov dle průkazu energetické náročnosti budovy. Hodnocení bylo realizováno ve dvou krocích, a to dle vyhlášek [24] a [25]. Hodnocení je rozdílné, z důvodu různě počítaných ploch, ke kterým se vztahuje spotřeba energie. Rozdílnost hodnot pro vybrané budovy dosahovala odchylky v rozmezí 9 až 15 %. Provedenou analýzou byl prokázán výrazný vliv zadání konkrétních okrajových podmínek do matematického modelu výpočtu dle 3-3 na celkové výsledné hodnoty potřeb energie na vytápění. Analýzou byla prokázána rozdílnost výpočtů od skutečných spotřeb energií.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA A JINÉ PRAMENY

### 7.1 Normy

- [1] ČSN 73 0540:1962 *Navrhování stavebních konstrukcí z hlediska tepelné techniky*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1962, 24 s.
- [2] ČSN 73 0540:1964 *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1964, 58 s. + Změna a, 1975, 2s.
- [3] ČSN 73 0540:1977 *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Názvosloví. Požadavky a kritéria*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1977 32 s. + Změna a, 1980, + Změna b, 1983, + Změna c, 1986.
- [4] ČSN 73 0540 Změna 4:1992 *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov - Názvosloví - Požadavky a kritéria*. Praha: Vydavatelství FÚNM, 1992, 12 s.
- [5] ČSN 73 0540 - 2:1994 *Tepelná ochrana budov - Část 2: Funkční požadavky*. Praha: Vydavatelství ČSN, 1994, 20 s. + Změna 1. Praha: Vydavatelství ČSN, 1997, 4 s.
- [6] ČSN 73 0540 - 2:2002 *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Vydavatelství ČSN, 2002, 36 s. + Změna 1. Praha: Vydavatelství ČNI, 2005, 12 s.
- [7] ČSN 73 0540 - 2:2007 *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Vydavatelství ČNI, 2007, 44 s.
- [8] ČSN 73 0540 - 2:2011 *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 56 s. + Změna 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 4 s.
- [9] ČSN 73 0540 - 4:2005 *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Vydavatelství ČNI, 2005.
- [10] ČSN 062010. *Výpočet teplených ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [11] ČSN EN 832. *Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění - Obytné budovy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2000.
- [12] ČSN EN 15217. *Energetická náročnost budov - metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro certifikaci budov - Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, únor 2008, 32 s.
- [13] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 76 s.
- [14] ČSN ISO 15392. *Udržitelnost ve výstavbě - Obecné principy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 34 s.
- [15] ČSN 73 0540 - 3:2011. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Vydavatelství ČNI, 2005, 96 s.
- [16] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [17] ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody*. 2013.
- [18] ČSN EN ISO 10211. *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Tepelné toky a povrchové teploty - Podrobné výpočty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

## 7.2 Vyhlášky, zákony, směrnice, nařízení vlády

- [19] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES, *o energetické náročnosti budov (EPBD I, Energy Performance of Buildings Directive)*. 2002.
- [20] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU, *o energetické náročnosti budov (EPBD II, Energy Performance of Buildings Directive)*. 2010.
- [21] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU, *o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES*. 2012.
- [22] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES, *o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů*. 2009.
- [23] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. In: *Sbírka zákonů*. 2000, č. 406. se změnami 359/2003 Sb., 694/2004, 180/2005 Sb., 177/2006 Sb., 214/2006 Sb., 574/2006 Sb., 393/2007 Sb., 124/2008 Sb., 223/2009 Sb., 299/2011 Sb., 53/2012 Sb., 165/2012 Sb., 318/2012 Sb. a 310/2013 Sb.
- [24] Vyhláška č. 148/2007 Sb., *o energetické náročnosti budov*. In: *Sbírka zákonů*. 2007, č. 148.
- [25] Vyhláška č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*. In: *Sbírka zákonů*. 2013, č. 78.
- [26] Nařízení vlády č. 299/2001 Sb., *o použití prostředků Státního fondu rozvoje bydlení ke krytí části úroků z úvěrů poskytnutých bankami právníkům a fyzickým osobám na opravy a modernizace domů*.
- [27] Směrnice MŽP č. 1/2014 Sb., *o poskytování finančních prostředků z programu Nová zelená úsporám*.
- [28] Nařízení vlády č. 370/2004 Sb., *o rozsahu a podmínkách použití finančních prostředků k úhradě úvěrů zajištěných Státním fondem rozvoje bydlení*.

## 7.3 Literatura

- [29] VAVERKA, Jiří. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Vyd. 1. Brno: VUTIUM, 2006, 648 s. ISBN 80-214-2910-0.
- [30] KULHÁNEK, František. *Tepelná ochrana a energetika budov*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2014, 172 s. ISBN 978-80-87438-48-0.
- [31] ŠÁLA, Jiří a Milan MACHATKA. *Tepelně technické vady a poruchy panelových budov a jejich sanace*. Praha: Technologické centrum AV ČR, 2002, 42 s. Publikace (OPET Czech Republic - OPET CR). ISBN 80-902-6897-8.
- [32] ŠUBRT, Roman, Pavlína ZVÁNOVCOVÁ a Martin ŠKOPEK. *Katalog tepelných mostů*. České Budějovice: Energy Consulting, 2008, 232 s. ISBN 978-80-254-2715-6.

## 7.4 Ostatní zdroje

- [33] *Kyoto Protocol* [online]. [cit. 2014-06-07]. Dostupné z: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

- [34] SVOBODA, Zdeněk. *Software Teplo 2011, Energie 2009, Energie 2013*, Firma K-CAD spol. s r.o. Praha.
- [35] PROTECH. *Software TOB (Tepelná ochrana budov), TV (Tepelné ztráty)*, Firma PROTECH spol. s r.o.
- [36] KABELE, Karel. *Software NKN II (Národní kalkulační nástroj)*, ČVUT Praha, fakulta stavební, katedra technických zařízení budov.
- [37] TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - typické hodnoty pro výpočet*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [38] *Územní teploty*. [online]. [cit. 2014-26-09]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_4\\_Uzemni\\_teploty&last=false](http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&last=false)
- [39] *SBTool CZ*. [online]. [cit. 2014-26-09]. Dostupné z: <http://www.sbtool.cz/>



## 8 SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKACÍ

Publikace jsou řazeny chronologicky.

### 2005

- [40] SKULINOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K. *Opravy balkónových konstrukcí panelových domů, výsledky průzkumu a předprojektová příprava staveb*. In Sanace 2005, Brno: VUT Brno, 2005, s. 150-156, ISSN 1211-3700.
- [41] ORAVEC, P., KUBENKOVÁ K. *Energetická analýza bytového domu v podhorském prostředí*, In Budova a energia 6 - Podbanské, Košice: 2005, s. 137-147, ISBN 80-8073-353-8.
- [42] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K., KUBEČKOVÁ SKULINOVÁ, d. *Konstrukce pro výstavbu a rekonstrukci budov s nízkoenergetickým standardem*. In Stavební listy, Praha: ABF Praha, 2005, s. 5-8, ISSN 1211-1214.
- [43] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Komplexní stavebně-energetická a technicko-provozní koncepce budov pro nové funkce regenerovaných industriálních sídel*. In Technické listy 2005. Díl 1, soubor úvodních technických listů, Praha: CIDEAS, ČVUT Praha, 2005, s. 85-86, ISBN 80-01-03486-0.
- [44] KUBEČKOVÁ, D., GALDA, Z., KUBENKOVÁ K. *General building, energy, technical and operation centepts and possible use of buildings for new purposes in regenerated brownfields*, In Technical sheet 2005. Volume 1, Initial technical sheets, Praha: CIDEAS, ČVUT Praha, 2005, s. 85-86, ISBN 80-01-03630-8.

### 2006

- [45] ORAVEC, p., GALDA, Z., KUBENKOVÁ, k. *Acoustic requirements for constructions in central europe*. In Topical Issues of Rational Use of Natural Resouces - St. Petersburg, St. Petersburg: St. Petersburg State Mining Institute, 2006, ISBN 0135-3500.
- [46] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, k., ORAVEC, p. *Interaction of power engineering and living enviroment in the Czech Republic*. In Topical Issues of Rational Use of Natural Resouces - St. Petersburg, St. Petersburg: St. Petersburg State Mining Institute, 2006, ISBN 0135-3500.
- [47] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Regenerace industriálních sídel*. In ABF Energetické projekty, Praha: Ministarstvo průmyslu ČR, 2006, s. 43-46, ISBN 80-86905-26-8.
- [48] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Komplexní stavebně energetická a technicko provozní koncepce sanace budov*. In Poruchy a rekonštrukie obvodových plášťov a striech, Košice: TU Košice, 2006, s. 113-119, ISBN 80-232-0259-6.
- [49] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K. *Snižování energetické náročnosti budov*. In Trwalosc materialow i konstrukcji budowlanych, Opole: Uniwersytet opolski, 2006, s. 45-48.
- [50] KUBEČKOVÁ, D, GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Problems with services of the Panel Buildings in the Czech Republic*. In Confernece Housing in an Expanding Europe, Ljubljana: ENHR, 2006.
- [51] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Regenerace industriálních sídel*. In Nízkoenergetické stavění, ABF, 2006, s. 43-45.
- [52] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Problematika chátrajících budov na plochách se zvýšenou průmyslovou činností*. In Poruchy a rekonstrukce. Ostrava: VŠB-TUO, FAST, 2006, s.29-41.
- [53] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Energetická bilance regenerované budovy*. In Staticko-konstrukčné a stavebno-fyzikálne problémy stavebných konštrukcií - Štrbské Pleso,

Košice: Technická univerzita, 2006, s. 33-45, ISBN 80-8073-677-4, CD ISBN 80-8073-678-2.

- [54] KUBEČKOVÁ, D, GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Stavebně energetická koncepce regenerované budovy na územích se zvýšenou průmyslovou činností*. In Technické listy 2006, Praha: ČVUT, 2006. s. 82-83, ISBN 80-01-03487-9.
- [55] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Possible Future Use of Abandoned in Industrial Territories*. In Roczniki inzynierii budowlanej. Opole: Polytechnika Opolska, 2006. ISSN 1505-8425.
- [56] KUBEČKOVÁ, D, GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Building and energy concepts of regenerated buildings in areas with intensit Industrial Activities*. In Technical sheets 2006: Technical sheets of reset. Praha: CIDEAS, ČVUT Praha, 2006, s. 85-86, ISBN 978-80-01-04054-6.

## 2007

- [57] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, k. *Úpravy otopných soustav po stavebních rekonstrukcích objektů*. In Poruchy a rekonstrukce. Ostrava: VŠB-TUO, FAST, 2007. ISBN 978-80-248-1404-9.
- [58] MAREČEK, J., ŠINDEL, M., KUBENKOVÁ, K., ČMIEL, F. *Pozemní stavitelství III*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1470-4.
- [59] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z., Oravec, p., vlček, p. *Administrativní budovy industriálních sídel. Hlavní cena v studentské soutěži Energetický projekt 2006*, vypsaló MPO ve spolupráci s Českou energetickou agenturou Enviros a ABF a.s.
- [60] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Znovuobnovení funkce*. In Fasády, Ostrava: MISE Ostrava, 2007, s. 46-48, ISSN 1214-4592.
- [61] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Housing Stock in the Czech Republic - Maintenance and Modernization*. In Sustainable Urban Areas : book of abstracts, Rotterdam, Delft: Delft University of Technology, 2007, ISBN 978-90-812015-1-3.
- [62] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Vybrané budovy industriálních ploch*. In Technické listy 2007 Díl 1: Integrovaný návrh konstrukcí a systémů pro výstavbu. Praha: ČVUT, 2007, s. 85-86, ISBN 978-80-01-04175-8.
- [63] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Buildings in brownfields*. In Technical Sheets 2007 Part 1: Integrated Design of Structures and Systems for Construction. Praha: ČVUT, 2007, s. 85-86, ISBN 978-80-01-04178-9.

## 2008

- [64] KUBENKOVÁ, K. *Revitalizace objektů spadajících do kategorie kulturních památek*. In Poruchy a rekonštrukcie obvodových plášťov a striech - Podbanské, Košice: Technická univerzita, 2008, s. 32-37, ISBN 978-80-232-0290-8.
- [65] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Pre-project Preparation of Revitalization of Buildings Situated in Industrial Areas*. In International Interdisciplinary Technical Conference of Young Scientists INTERTECH 2008, Poznan: Wydawnictwo Politechniki Poznanskiej, 2008.
- [66] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Energetická náročnost staveb*. In Poruchy a rekonstrukce. Ostrava: VŠB-TUO, FAST, 2008, s. 25-29, ISBN 978-80-248-1886-3.
- [67] KUBEČKOVÁ, D, GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Stavebně energetická a technicko provozní koncepce budov industriálních sídel - podklady pro vypracování směrnice 1.2.3.1*, In Technické listy 2008, Díl 1: Soubor technických listů. Praha: ČVUT, 2008.
- [68] KUBEČKOVÁ, D, GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. *Building and energy concepts of regenerated buildings in areas with intensive industrial activities 1.2.3.1*, In Technical Sheets 2008, Volume 1: Initial Technical Sheets. Praha: ČVUT, 2008.

- [69] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K. *Building and energy building criteria of industrial seats 1.2.3.2* In Technical Sheets 2008, Volume 1: Initial Technical Sheets. Praha: ČVUT, 2008.

## 2009

- [70] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Stavebně energetická koncepce budov pro nové funkce regenerovaných industriálních sídel*. In 12th International Scientific Conference, Brno, 2009, ISBN 978-80-7204-629-4.
- [71] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Vícekriteriální rozhodování a využití budov industriálních ploch s ohledem na novou stavebně energetickou koncepci, díl 1*. In „TRWAŁOŚĆ MATERIAŁÓW I KONSTRUKCJI” - Kamień Śląski, Opole: Politechnika Opolska, 2009, s. 11-16, ISSN 978-83-929942-1-3.
- [72] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Stavebně energetická a technicko provozní koncepce budov industriálních sídel - podklady pro vypracování směrnice*. In Technické listy 2009, Praha: ČVUT, 2009.
- [73] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Project of Buildings's Renovation (not only) on the Ostrava Industrial Areas*. In 2nd International Week ESTIG 2009, Baja: Instituto Politécnico de Beja, 2009, s. 1-11.
- [74] KUBENKOVÁ, K., ORAVEC, P. *Tepelně - technická problematika obvodových plášťů dřevostaveb*. In Dřevostavby a konstrukce na bázi dřeva, Štramberk. Ostrava: VŠB-TUO, FAST, 2009. ISBN 978-80-248-2096-5.
- [75] KUBENKOVÁ, K., SKOTNICOVÁ, I. *Obvodové stěny sendvičových dřevostaveb*. In Dřevostavby 2009 - Oščadnica. Žilina: Žilinská univerzita, 2009, s. 106-110, ISBN 978-80-970171-0-1.
- [76] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Stavebně energetická koncepce budov industriálních sídel*. In IDEAS 09 - Ostrava, Ostrava: Cideas, 2009, s. 37-38, ISBN 978-80-248-2091-0.
- [77] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Využití vícekriteriální analýzy při hodnocení budov na územích se zvýšenou průmyslovou činností, s ohledem na stavebně energetickou koncepci*. In IDEAS 09 - Ostrava, Ostrava: Cideas, 2009, ISBN 978-80-01-04449-0.
- [78] KUBEČKOVÁ, D, KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Building-Energetic and Technical-Operating Building Conception of Industrial Seats - Data for Direction Elaboration*. In Technical Sheets 2009, Praha: ČVUT, 2009.

## 2010

- [79] KUBEČKOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., ORAVEC, P. *Sanace a konverze budov industriálních ploch, stavebně technický průzkum*. In „Kulturní památky a opuštěné objekty” - Hradec nad Moravicí, Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2010, ISBN 978-80-248-2224-2.
- [80] KUBENKOVÁ, K., ORAVEC, P. *Vzduchotěsnost dřevostavby v Bruzovicích*. In Dřevostavby 2010 - Habovka. Žilina: Žilinská univerzita, 2010, s. 59-62, ISBN 978-80-970171-2-5.
- [81] ORAVEC, P., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. *Resumption of the Panel Building House Intent on Decrease of Emissions and Living Comfort*. In ENHR2010 Book of Abstracts, Istanbul: Istanbul Technical University, 2010.
- [82] KUBEČKOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z., Oravec, P. *Definice zásad využitelnosti budov industriálních sídel s ohledem na tepelně technickou a energetickou problematiku, metodika hodnocení objektů*. In Technické listy 2010, Díl 1: Soubor technických listů. Praha: ČVUT, 2010.
- [83] SKOTNICOVÁ, I., KUBENKOVÁ, K., et al. *Dřevostavby a dřevěné konstrukce: I. a II. díl*. První vydání. Brno: CERM, 2010. 309 s. ISBN 978-80-7204-732-1.

- [84] KUBEČKOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K. *Těsnící prvek pro prefabrikované konstrukce obvodového pláště. Užitný vzor* zapsaný na Úřadu průmyslového vlastnictví pod číslem 20607 dne 8.3.2010, <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=1478640&lan=cs>

## 2012

- [85] ORAVEC, P., KUBENKOVÁ, K. *Netransparentní výplň stavebních otvorů. Užitný vzor* zapsaný na Úřadu průmyslového vlastnictví pod číslem 23787 dne 14.05.2012, <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=1784626&lan=cs>
- [86] ORAVEC, P., KUBENKOVÁ, K. *Zkosené ostění kontaktních zateplovacích systémů. Užitný vzor* zapsaný na Úřadu průmyslového vlastnictví pod číslem 24003 dne 21.06.2012, <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=1784647&lan=cs>

## 2013

- [87] KUBENKOVÁ, K. *Posouzení energetické náročnosti budovy z hlediska legislativních změn*. In: Sborník vědeckých prací VŠB-TUO, řada stavební, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2013, s.99-104, ISSN 1213-1962.
- [88] KUBENKOVÁ, K. *Průkaz energetické náročnosti bytového domu - minulost a současnost*. TZB-info [online]. 2013 [cit. 2014-03-13]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10198-prukaz-energeticke-narocnosti-bytoveho-domu-minulost-a-soucasnost>

## 2014

- [89] KRAUS, M., K. KUBENKOVÁ a D. KUBEČKOVÁ. *The Energy Diagnostics of Current Trend in the Construction of the Single-Family Residential Buildings*. In: 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2014. Bulgaria. 2014.
- [90] KRAUS, M., KUBENKOVÁ K. a KUBEČKOVÁ, D. *The Software Support of Statistical Tools in Civil Engineering*. Applied Mechanics and Materials. 2014. ISSN 1660-9336
- [91] KUBENKOVÁ, K., B. HRUBÁ, M. KRAUS a D. KUBEČKOVÁ. *The Analysis of the Influence of Boundary Conditions on the Energy Performance of Houses*. In: 6th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2014. ISBN 978-80-248-3147-3.
- [92] KRAUS, M., KUBENKOVÁ, K., KUBEČKOVÁ, D. *The Evaluation of Non-renewable Primary Energy as Part of Energy Performance Certificates*. In: Envibuild 2014.
- [93] KUBENKOVÁ, K., JAŠEK, M., PANOVEC, V. *Simulation of the temperature field process in the soil for a home - founded on a foam glass granulate*. In: Envibuild 2014.
- [94] KUBENKOVÁ, K., JAŠEK, M. *Financial comparison of a traditional and a modern method of a passive house foundation*. In: Envibuild 2014.
- [95] KUBENKOVÁ, K., JAŠEK, M. *The issue of including the influence of thermal bonds in the passive house*. In: Envibuild 2014.

## 9 SEZNAM PŘÍLOH

Všechny přílohy, kterými jsou výstupy z programu Teplo a Energie [34], jsou uloženy externě na přiloženém CD, které je součástí této disertační práce. Přílohy nebyly tištěny, z důvodu ochrany životního prostředí (snížení spotřeby papírových archů), neboť zaujímají velké množství stránek.

### 9.1 Výstupy z programu Teplo

#### 9.1.1 Struskopemzobetonový panel SPB 270

Výstup z programu Teplo pro výpočet jedné ze zadaných konstrukcí včetně zaznačení (zelené popisové šipky) důležitých hodnot výpočtu.

### ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

#### Teplo 2011

Název úlohy : **Obvodová stěna 270 SPB**  
Zpracovatel : Kateřina Kubenková  
Zakázka : Frydlantská  
Datum : 19.6.2014

Název posuzované konstrukce, zpracovatel a označení budovy, kde se konstrukce nachází.

#### KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

Započtení korekce.

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	Mi[-]
1	Omítka vápenná	0.0100	0.8700	840.0	1600.0	6.0
2	Struskopemzobe	0.2700	0.7400	890.0	1500.0	17.0
3	Břízolit	0.0150	0.9000	840.0	1900.0	25.0

Zadání skladby konstrukce

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Omítka vápenná	---
2	Struskopemzobeton	---
3	Břízolit	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější a na vnitřní straně konstrukce.

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 55.0 %

Zadání okrajových podmínek: teplota a vlhkost vnitřního a venkovního prostředí.

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Po[Pa]
1	31	20.0	45.4	1061.0	-2.5	81.3	408.2
2	28	20.0	47.9	1119.4	-0.8	80.8	461.7
3	31	20.0	50.5	1180.2	3.2	79.4	610.0
4	30	20.0	54.5	1273.6	8.1	77.3	834.5

## DISERTAČNÍ PRÁCE

5	31	20.0	60.7	1418.5	13.0	74.3	1112.2
6	30	20.0	65.9	1540.1	16.2	71.7	1319.7
7	31	20.0	68.3	1596.1	17.6	70.3	1414.1
8	31	20.0	67.4	1575.1	17.1	70.8	1379.9
9	30	20.0	61.4	1434.9	13.5	73.9	1143.0
10	31	20.0	55.3	1292.3	8.9	76.8	875.3
11	30	20.0	50.9	1189.5	3.8	79.2	634.8
12	31	20.0	48.3	1128.7	-0.5	80.7	472.8

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 0.39 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 1.776 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 1.80 / 1.83 / 1.88 / 1.98 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 2.7E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce N<sub>y</sub>\* : 11.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 8.4 h

Vyhodnocení šíření  
tepla konstrukcí.

Vyhodnocení šíření  
vlhkosti konstrukcí.

**Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:**

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 7.19 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : 0.634

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80% -----		100% -----		T <sub>si</sub> [C]	f <sub>Rsi</sub>	RH <sub>si</sub> [%]
	T <sub>si</sub> ,m[C]	f <sub>Rsi</sub> ,m	T <sub>si</sub> ,m[C]	f <sub>Rsi</sub> ,m			
1	11.2	0.607	7.8	0.460	11.8	0.634	76.9
2	12.0	0.614	8.6	0.454	12.4	0.634	77.8
3	12.8	0.570	9.4	0.370	13.9	0.634	74.6
4	13.9	0.491	10.6	0.206	15.6	0.634	71.7
5	15.6	0.374	12.2	-----	17.4	0.634	71.2
6	16.9	0.186	13.4	-----	18.6	0.634	71.9
7	17.5	-----	14.0	-----	19.1	0.634	72.1
8	17.3	0.055	13.8	-----	18.9	0.634	72.0
9	15.8	0.353	12.4	-----	17.6	0.634	71.2
10	14.2	0.475	10.8	0.169	15.9	0.634	71.4
11	12.9	0.562	9.5	0.354	14.1	0.634	74.1
12	12.1	0.615	8.8	0.452	12.5	0.634	77.9

Poznámka: RH<sub>si</sub> je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
T<sub>si</sub> je vnitřní povrchová teplota a f<sub>Rsi</sub> je teplotní faktor.

**Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:  
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
tepl.[C]:	7.2	6.6	-12.1	-13.0
p [Pa]:	1285	1272	224	138
p,sat [Pa]:	1014	974	215	199

Při venkovní návrhové teplotě dochází k povrchové kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m <sup>2</sup> s]
1	0.0000	0.2012	3.527E-0007

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry M<sub>c,a</sub>: 4.780 kg/m<sup>2</sup>,rok

Množství vypařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ : 3.248 kg/m<sup>2</sup>,rok  
Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 0.0 C.

**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:**

**Roční cyklus č. 1**

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2011

- 9.1.2 Struskopemzobetonový panel SPB 300**
- 9.1.3 Struskopemzobetonový panel SPB 375**
- 9.1.4 Struskopemzobetonový panel SPB 200**
- 9.1.5 Struskopemzobetonový panel SPB 270**
- 9.1.6 Struskopemzobetonový panel SPB 300**
- 9.1.7 Struskopemzobetonový panel SPB 375**
- 9.1.8 Struskopemzobetonový panel SPB 200 + 100 MW**
- 9.1.9 Struskopemzobetonový panel SPB 200 + 100 EPS**
- 9.1.10 Struskopemzobetonový panel SPB 270 + 80 EPS**
- 9.1.11 Struskopemzobetonový panel SPB 270 + 120 MW**
- 9.1.12 Struskopemzobetonový panel SPB 270 + 120 EPS**
- 9.1.13 Struskopemzobetonový panel SPB 300 + 100 EPS**
- 9.1.14 Struskopemzobetonový panel SPB 375 + 60 MW**
- 9.1.15 Struskopemzobetonový panel SPB 375 + 70 EPS**
- 9.1.16 Struskopemzobetonový panel SPB 375 + 100 EPS**
- 9.1.17 Vyzdívka z plynosilikátu 300 + 120 EPS**
- 9.1.18 Původní meziokení izolační vložka MIV**
- 9.1.19 Dozdívka z plynosilikátu - Ytong 300 + 100 EPS**
- 9.1.20 Sendvičová stěna OP 1.11**

- 9.1.21 Sendvičová stěna OP 1.11 + 100 EPS**
- 9.1.22 Sendvičová stěna OP 1.11 + 60 EPS**
- 9.1.23 Sendvičová stěna suterén OP 1.11**
- 9.1.24 Sendvičová stěna suterén OP 1.11 + 60 XPS**
- 9.1.25 Plynosilikátová stěna T 06 B**
- 9.1.26 Plynosilikátová stěna + 100 EPS**
- 9.1.27 Zděná stěna CDm 375**
- 9.1.28 Zděná stěna CDm 375 + 80 EPS**
- 9.1.29 Zděná stěna CDm 375 + 140 EPS**
- 9.1.30 Plochá střecha BP 70 OS**
- 9.1.31 Zateplená střecha BP 70 OS**
- 9.1.32 Plochá střecha HK 60**
- 9.1.33 Zateplená střecha HK 60**
- 9.1.34 Zateplená střecha OP 1.11**
- 9.1.35 Plochá střecha T 02 B**
- 9.1.36 Zateplená plochá střecha T 02 B**
- 9.1.37 Původní plochá střecha T 06 B**
- 9.1.38 Zateplená plochá střecha T 06 B**
- 9.1.39 Plochá střecha G 57**
- 9.1.40 Zateplená plochá střecha G 57**
- 9.1.41 Původní plochá střecha zděného domu**
- 9.1.42 Zateplená plochá střecha zděného domu**
- 9.1.43 Podlaha nad suterénem OP 1.11**
- 9.1.44 Podlaha nad suterénem BP 70 OS**



**9.1.45 Zateplená podlaha nad suterénem HK 60****9.1.46 Zateplená podlaha nad exteriérem HK 60****9.1.47 Podlaha nad suterénem T 02 B****9.1.48 Podlaha nad suterénem T 06 B****9.1.49 Původní podlaha nad suterénem G 57****9.1.50 Zateplená podlaha nad suterénem G 57****9.1.51 Podlaha zděného domu nad suterénem****9.1.52 Zateplená podlaha zděného domu nad exteriérem****9.1.53 Nezateplená podlaha na terénu****9.1.54 Vnitřní schodišťová stěna****9.1.55 Vnitřní schodišťová stěna železobetonová****9.1.56 Vnitřní schodišťová stěna zděného domu****9.2 Výstupy z programu Energie****9.2.1 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - stávající stav**

Výstup z programu Energie [34] pro výpočet jedné varianty posouzení energetické náročnosti zadané budovy včetně zaznačení (zelené popisové šipky) důležitých hodnot výpočtu.

## VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

**Energie 2013**

Název úlohy: **T 02 B stávající stav (primární)**  
Zpracovatel: Ing. Kateřina Kubenková  
Zakázka: Disertační práce  
Datum: 19.6.2014

Označení budovy.

### ZADANÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Počet zón v budově: 2  
Počet osob v budově dle NZÚ 2013: 22,3  
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Zadání počtu zón.

#### Okrajové podmínky výpočtu:

Název	Počet	Teplota	Celková energie globálního slunečního záření

Zadání klimatické oblasti

## DISERTAČNÍ PRÁCE

období	dnů	exteriéru	Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
leden	31	-2,5 C	54,0	130,0	68,0	68,0	86,0
únor	28	-0,8 C	83,0	187,0	112,0	112,0	148,0
březen	31	3,2 C	122,0	252,0	173,0	173,0	270,0
duben	30	8,1 C	155,0	277,0	227,0	227,0	392,0
květen	31	13,0 C	209,0	317,0	302,0	302,0	544,0
červen	30	16,2 C	220,0	299,0	306,0	306,0	551,0
červenec	31	17,6 C	223,0	317,0	317,0	317,0	572,0
srpen	31	17,1 C	184,0	320,0	277,0	277,0	490,0
září	30	13,5 C	126,0	248,0	180,0	180,0	306,0
říjen	31	8,9 C	86,0	238,0	133,0	133,0	216,0
listopad	30	3,8 C	50,0	133,0	68,0	68,0	101,0
prosinec	31	-0,5 C	40,0	97,0	50,0	50,0	65,0

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]			
			SV	SZ	JV	JZ
leden	31	-2,5 C	54,0	54,0	104,0	104,0
únor	28	-0,8 C	83,0	83,0	158,0	158,0
březen	31	3,2 C	130,0	130,0	223,0	223,0
duben	30	8,1 C	180,0	180,0	263,0	263,0
květen	31	13,0 C	248,0	248,0	324,0	324,0
červen	30	16,2 C	259,0	259,0	313,0	313,0
červenec	31	17,6 C	263,0	263,0	331,0	331,0
srpen	31	17,1 C	216,0	216,0	313,0	313,0
září	30	13,5 C	137,0	137,0	227,0	227,0
říjen	31	8,9 C	94,0	94,0	198,0	198,0
listopad	30	3,8 C	50,0	50,0	108,0	108,0
prosinec	31	-0,5 C	40,0	40,0	79,0	79,0

## PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ :

## PARAMETRY ZÓNY Č. 1 :

## Základní popis zóny

Název zóny: bytové jednotky  
 Typ zóny pro určení Uem,N: jiná než nová obytná budova  
 Typ zóny pro refer. budovu: bytový dům  
 Typ hodnocení: jiný účel posouzení

Objem z vnějších rozměrů: 2397,5 m3  
 Podlah. plocha (celková vnitřní): 664,0 m2  
 Celk. energet. vztažná plocha: 767,2 m2  
 Účinná vnitřní tepelná kapacita: 260,0 kJ/(m2.K)

Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C  
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne  
 Typ vytápění: nepřerušované

Regulace otopné soustavy: ano

Průměrné vnitřní zisky: 1763 W  
 ..... odvozeno pro  
 · produkci tepla: 2,0+3,0 W/m2 (osoby+spotřebiče)  
 · časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče)  
 · zohlednění spotřebičů: jen zisky  
 · minimální přípustnou osvětlenost: 90,0 lx  
 · měrný příkon osvětlení: 0,05 W/(m2.lx)  
 · činitel obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0  
 · roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 900 / 600 h  
 · prům. účinnost osvětlení: 15 %  
 · další tepelné zisky: 0,0 W

Teplo na přípravu TV: 65910,24 MJ/rok  
 ..... odvozeno pro  
 · roční potřebu teplé vody: 350,4 m3  
 · teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C

Zpětně získané teplo mimo VZT: 0,0 MJ/rok

## Zdroje tepla na vytápění v zóně

Zadání zóny 1:  
bytové jednotky

## DISERTAČNÍ PRÁCE

Vytápění je zajištěno VZT:	ne
Účinnost sdílení/distribuce:	88,0 % / 87,0 %
Název zdroje tepla:	CZT Termo Frýdlant nad Ostravicí (podíl 100,0 %)
Typ zdroje tepla:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost výroby tepla:	84,0 %
Příkon čerpadel vytápění:	70,8 W
Příkon regulace/emise tepla:	0,5 / 0,0 W

**Zdroje tepla na přípravu TV v zóně**

Název zdroje tepla:	Plynový průtokový okříváč vody (podíl 100,0 %)
Typ zdroje přípravy TV:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost zdroje přípravy TV:	84,0 %
Délka rozvodů TV:	50,0 m
Měrná tep. ztráta rozvodů TV:	29,0 Wh/(m.d)
Příkon čerpadel distribuce TV:	0,0 W
Příkon regulace:	0,0 W

**Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :**

Objem vzduchu v zóně:	1702,225 m <sup>3</sup>
Podíl vzduchu z objemu zóny:	71,0 %
Typ větrání zóny:	přirozené
Minimální násobnost výměny:	0,5 1/h
Návrhová násobnost výměny:	0,5 1/h
Měrný tepelný tok větráním Hv:	280,867 W/K

**Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :**

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N [W/m <sup>2</sup> K]
střecha	191,8	0,260	1,00	49,868	0,240
SPB 300 + 100 EPS	63,0	0,320	1,00	20,160	0,300
SPB 375 + 100 EPS	513,6	0,310	1,00	159,216	0,300
Okna J	14,85 (2,25x1,65 x 4)	1,200	1,00	17,820	1,500
Okna J	18,9 (0,75x2,1 x 12)	1,200	1,00	22,680	1,500
Okna J	39,6 (1,5x1,65 x 16)	1,200	1,00	47,520	1,500
Okna V	2,16 (0,6x0,9 x 4)	1,200	1,00	2,592	1,500
Okna V	14,85 (2,25x1,65 x 4)	1,200	1,00	17,820	1,500
Okna Z	14,85 (2,25x1,65 x 4)	1,200	1,00	17,820	1,500
Okna Z	2,16 (0,6x0,9 x 4)	1,200	1,00	2,592	1,500
Okna S	19,8 (1,5x1,65 x 8)	1,200	1,00	23,760	1,500

Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je činitel teplotní redukce; H,T je měrný tok prostupem tepla a U,N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A \* DeltaU,tbm).

Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,02 W/m<sup>2</sup>K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi Hd,c: 381,848 W/K

..... a příslušnými tepelnými vazbami Hd,tb: 17,911 W/K

**Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :**

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	g/alfa [-]	Fgl/Ff [-]	Fc,h/Fc,c [-]	Fs [-]	Orientace
Okna J	14,85	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
Okna J	18,9	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
Okna J	39,6	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
Okna V	2,16	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)
Okna V	14,85	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)
Okna Z	14,85	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
Okna Z	2,16	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
Okna S	19,8	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	S (90 st.)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; Fgl je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); Ff je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celkové ploše okna); Fc,h je korekční činitel clonění pohyblivými clonami pro režim vytápění; Fc,c je korekční činitel clonění pro režim chlazení a Fs je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

**Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):**

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
--------	---	---	---	---	---	---

DISERTAČNÍ PRÁCE

Zisk (vytápění):	5452,7	8091,7	11306,1	13131,3	15898,1	15490,1
<b>Měsíc:</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Zisk (vytápění):	16230,5	15423,0	11316,2	9997,3	5512,2	4055,5

## PARAMETRY ZÓNY Č. 2 :

### Základní popis zóny

Název zóny:	Schodiště
Typ zóny pro určení U <sub>em,N</sub> :	jiná než nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu:	bytový dům
Typ hodnocení:	jiný účel posouzení
Objem z vnějších rozměrů:	746,6 m <sup>3</sup>
Podlah. plocha (celková vnitřní):	228,5 m <sup>2</sup>
Celk. energet. vztažná plocha:	260,2 m <sup>2</sup>
Účinná vnitřní tepelná kapacita:	260,0 kJ/(m <sup>2</sup> .K)
Vnitřní teplota (zima/léto):	10,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Typ vytápění:	nepřerušované
Regulace otopné soustavy:	ano
Průměrné vnitřní zisky:	150 W
..... odvozeny pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>· produkci tepla: 0,0+0,0 W/m<sup>2</sup> (osoby+spotřebiče)</li> <li>· časový podíl produkce: 0+20 % (osoby+spotřebiče)</li> <li>· zohlednění spotřebičů: jen zisky</li> <li>· minimální přípustnou osvětlenost: 90,0 lx</li> <li>· měrný příkon osvětlení: 0,05 W/(m<sup>2</sup>.lx)</li> <li>· činitel obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0</li> <li>· roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 900 / 600 h</li> <li>· prům. účinnost osvětlení: 15 %</li> <li>· další tepelné zisky: 0,0 W</li> </ul>
Teplo na přípravu TV:	0,0 MJ/rok
..... odvozeno pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>· roční potřebu teplé vody: 0,0 m<sup>3</sup></li> <li>· teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C</li> </ul>
Zpětně získané teplo mimo VZT:	0,0 MJ/rok

Zadání zóny 2:  
schodiště a ostatní.

### Zdroje tepla na vytápění v zóně

Vytápění je zajištěno VZT:	ne
Účinnost sdílení/distribuce:	88,0 % / 87,0 %
Název zdroje tepla:	CZT Termo Frýdlant nad Ostravicí (podíl 100,0 %)
Typ zdroje tepla:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost výroby tepla:	84,0 %
Příkon čerpadel vytápění:	19,8 W
Příkon regulace/emise tepla:	0,1 / 0,0 W

### Měrný tepelný tok větráním zóny č. 2 :

Objem vzduchu v zóně:	530,086 m <sup>3</sup>
Podíl vzduchu z objemu zóny:	71,0 %
Typ větrání zóny:	přirozené
Minimální násobnost výměny:	0,5 1/h
Návrhová násobnost výměny:	0,5 1/h
Měrný tepelný tok větráním H <sub>v</sub> :	87,464 W/K

### Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 2 a exteriérem :

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N [W/m <sup>2</sup> K]
dveře	3,2	1,300	1,00	4,160	1,700
Stěna zateplená	23,83	0,310	1,00	7,387	0,300
střecha	13,7	0,260	1,00	3,562	0,240
Stěna suterén	90,8	1,420	1,00	128,936	0,300
Okno J	5,76 (1,2x0,6 x 8)	1,200	1,00	6,912	1,500
Okno Z	1,44 (1,2x0,6 x 2)	1,200	1,00	1,728	1,500

## DISERTAČNÍ PRÁCE

Okno V	1,44 (1,2x0,6 x 2)	1,200	1,00	1,728	1,500
Okno S	1,44 (1,2x0,6 x 2)	1,200	1,00	1,728	1,500
Okno S	7,43 (1,5x1,65 x 3)	1,200	1,00	8,910	1,500

Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je činitel teplotní redukce; H, T je měrný tok prostupem tepla a U, N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem ( $A \cdot \Delta U_{tbm}$ ).

Průměrný vliv tepelných vazeb  $\Delta U_{tbm}$ : 0,02 W/m<sup>2</sup>K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi  $H_{d,c}$ : 165,051 W/K

..... a příslušnými tepelnými vazbami  $H_{d,tb}$ : 2,981 W/K

**Měrný tepelný tok prostupem zeminou u zóny č. 2 :**

## 1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	Suterénní stěna
Tepelná vodivost zeminy:	2,0 W/mK
Plocha podlahy:	60,5 m <sup>2</sup>
Exponovaný obvod podlahy:	0,1 m
Součinitel vlivu spodní vody $G_w$ :	1,0
Typ podlahové konstrukce:	podlaha na terénu
Tloušťka obvodové stěny:	0,375 m
Tepelný odpor podlahy:	0,53 m <sup>2</sup> K/W
Přídavná okrajová izolace:	není
Souč.prostupu mezi interiérem a exteriérem U:	0,008 W/m <sup>2</sup> K
Ustálený měrný tok zeminou $H_g$ :	0,485 W/K
Kolísání ekv. měsíčních měrných toků $H_{g,m}$ :	od -0,182 do 0,772 W/K
..... stanoveno pro periodické toky $H_{pi}$ / $H_{pe}$ :	31,966 / 0,074 W/K

## 2. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	Podlaha na terénu
Tepelná vodivost zeminy:	2,0 W/mK
Plocha podlahy:	205,5 m <sup>2</sup>
Exponovaný obvod podlahy:	58,8 m
Součinitel vlivu spodní vody $G_w$ :	1,0
Typ podlahové konstrukce:	podlaha na terénu
Tloušťka obvodové stěny:	0,375 m
Tepelný odpor podlahy:	0,11 m <sup>2</sup> K/W
Přídavná okrajová izolace:	není
Souč.prostupu mezi interiérem a exteriérem U:	0,543 W/m <sup>2</sup> K
Ustálený měrný tok zeminou $H_g$ :	111,615 W/K
Kolísání ekv. měsíčních měrných toků $H_{g,m}$ :	od 30,486 do 146,472 W/K
..... stanoveno pro periodické toky $H_{pi}$ / $H_{pe}$ :	135,079 / 61,604 W/K

Celkový ustálený měrný tok zeminou  $H_g$ : 112,101 W/K

..... a příslušnými tep. vazbami  $H_{g,tb}$ : 5,320 W/K

Kolísání celk. ekv. měsíčních měrných toků  $H_{g,m}$ : od 30,304 do 147,244 W/K

**Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 2 :**

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	g/alfa [-]	F <sub>gl</sub> /F <sub>f</sub> [-]	F <sub>c,h</sub> /F <sub>c,c</sub> [-]	F <sub>s</sub> [-]	Orientace
Okno J	5,76	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
Okno Z	1,44	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
Okno V	1,44	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)
Okno S	1,44	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	S (90 st.)
Okno S	7,43	0,67	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	S (90 st.)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; F<sub>gl</sub> je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); F<sub>f</sub> je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celk. ploše okna); F<sub>c,h</sub> je korekční činitel clonění pohyblivými clonami pro režim vytápění; F<sub>c,c</sub> je korekční činitel clonění pro režim chlazení a F<sub>s</sub> je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

**Celkový solární zisk konstrukcemi  $Q_s$  (MJ):**

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	600,8	901,4	1279,5	1529,4	1919,9	1922,2
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	1990,5	1803,3	1293,3	1062,1	593,1	446,3

**PARAMETRY ROZHRAŇÍ MEZI ZÓNAMI:**

Název konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Souč.prostupu [W/m <sup>2</sup> K]	Rozhraní zón
Podlaha nad suterénem	191,8	1,350	1 - 2
Vnitřní Dveře	21,6	2,000	1 - 2
Schodišťová stěna	134,6	2,160	1 - 2

Objemový tok vzduchu mezi zónami 1 a 2: 0,0 m<sup>3</sup>/s  
 Propustnost zeminou mezi zónami 1 a 2: 0,0 W/K

Rozhraní	Ht [W/K]	Hv [W/K]	H [W/K]
1 a 2	592,866	0,000	592,866

Vysvětlivky: Ht je měrný tok prostupem tepla mezi i-tou a j-tou zónou,  
 Hv je měrný tok výměnou vzduchu mezi i-tou a j-tou zónou,  
 H je výsledný měrný tok mezi i-tou a j-tou zónou.

**PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :****VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :**

Název zóny: bytové jednotky  
 Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C  
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne  
 Regulace otopné soustavy: ano

Měrný tepelný tok větráním Hv: 280,867 W/K  
 Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový  
 měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb: 399,759 W/K  
 Ustálený měrný tok zeminou Hg: ---  
 Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu: ---  
 Měrný tok Trombeho stěnami H,tw: ---  
 Měrný tok větráními stěnami H,vw: ---  
 Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti: ---  
 Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt: ---  
**Výsledný měrný tok H: 680,627 W/K**

**Výsledný měrný tok do zóny č.2 H,12: 592,866 W/K**

**Potřeba tepla na vytápění po měsících:**

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	50,856	5,327	5,453	10,780	1,000	100,0	40,078
2	41,549	4,528	8,092	12,620	0,999	100,0	28,939
3	35,061	4,768	11,306	16,074	0,994	100,0	19,089
4	21,353	4,400	13,131	17,532	0,921	95,2	5,213
5	12,761	4,372	15,898	20,270	0,630	0,0	---
6	6,704	4,175	15,490	19,665	0,341	0,0	---
7	4,375	4,314	16,230	20,545	0,213	0,0	---
8	5,287	4,372	15,423	19,795	0,267	0,0	---
9	11,467	4,423	11,316	15,739	0,692	19,4	0,582
10	20,404	4,757	9,997	14,754	0,951	100,0	6,377
11	32,933	4,840	5,512	10,352	0,999	100,0	22,591
12	45,645	5,304	4,056	9,360	1,000	100,0	36,287

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,sol jsou solární  
 tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část  
 měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

**Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 159,156 GJ**

**Energie dodaná do zóny po měsících:**

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]
Q,fuel[GJ]							
1	62,319	---	---	---	6,731	2,083	0,191
2	44,999	---	---	---	6,713	1,547	0,172
3	29,683	---	---	---	6,731	1,425	0,191
4	8,106	---	---	---	6,725	1,127	0,176
5	---	---	---	---	6,731	0,959	0,001
							71,324
							53,432
							38,030
							16,134
							7,692

DISERTAČNÍ PRÁCE

6	---	---	---	---	6,725	0,862	0,001	7,588
7	---	---	---	---	6,731	0,891	0,001	7,623
8	---	---	---	---	6,731	0,959	0,001	7,692
9	0,905	---	---	---	6,725	1,154	0,037	8,821
10	9,917	---	---	---	6,731	1,411	0,191	18,250
11	35,128	---	---	---	6,725	1,644	0,185	43,682
12	56,424	---	---	---	6,731	2,056	0,191	65,402

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

**Celková roční dodaná energie Q,fuel: 345,672 GJ**

**Průměrný součinitel prostupu tepla zóny**

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht: 399,8 W/K  
Plocha obalových konstrukcí zóny: 895,6 m<sup>2</sup>

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) ..... Uem,N,20: 0,48 W/m<sup>2</sup>K

**Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U,em: 0,45 W/m<sup>2</sup>K**

**VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 2 :**

Název zóny: Schodiště  
Vnitřní teplota (zima/léto): 10,0 C / 20,0 C  
Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne  
Regulace otopné soustavy: ano

Měrný tepelný tok větráním Hv: 87,464 W/K  
Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb: 173,352 W/K  
Ustálený měrný tok zeminou Hg: 112,101 W/K  
Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu: ---  
Měrný tok Trombeho stěnami H,tw: ---  
Měrný tok větrávanými stěnami H,vw: ---  
Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti: ---  
Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt: ---  
**Výsledný měrný tok H: 372,917 W/K**

**Výsledný měrný tok do zóny č.1 H,21: 592,866 W/K**

**Potřeba tepla na vytápění po měsících:**

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	1,210	0,609	0,601	1,210	0,812	100,0	0,227
2	1,354	0,453	0,901	1,354	0,812	100,0	0,254
3	1,691	0,417	1,280	1,696	0,809	100,0	0,319
4	1,473	0,330	1,529	1,859	0,697	50,0	0,178
5	---	---	---	---	---	0,0	---
6	---	---	---	---	---	0,0	---
7	---	---	---	---	---	0,0	---
8	---	---	---	---	---	0,0	---
9	---	---	---	---	---	0,0	---
10	1,033	0,413	1,062	1,475	0,631	50,0	0,102
11	1,073	0,481	0,593	1,074	0,809	100,0	0,204
12	1,047	0,601	0,446	1,048	0,812	100,0	0,197

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,sol jsou solární tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

**Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 1,481 GJ**

**Energie dodaná do zóny po měsících:**

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]
Q,fuel[GJ]							
1	0,353	---	---	---	---	0,717	0,053
2	0,395	---	---	---	---	0,532	0,048
3	0,496	---	---	---	---	0,490	0,053

## DISERTAČNÍ PRÁCE

4	0,277	---	---	---	---	0,388	0,026	0,691
5	---	---	---	---	---	0,330	0,000	0,330
6	---	---	---	---	---	0,297	0,000	0,297
7	---	---	---	---	---	0,307	0,000	0,307
8	---	---	---	---	---	0,330	0,000	0,330
9	---	---	---	---	---	0,397	0,000	0,397
10	0,159	---	---	---	---	0,486	0,027	0,671
11	0,317	---	---	---	---	0,566	0,052	0,934
12	0,306	---	---	---	---	0,707	0,053	1,067

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

**Celková roční dodaná energie Q,fuel: 8,163 GJ**

**Průměrný součinitel prostupu tepla zóny**

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht:

285,5 W/K

Plocha obalových konstrukcí zóny:

415,0 m<sup>2</sup>

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) ..... U<sub>em</sub>,N,20:

0,31 W/m<sup>2</sup>K

**Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U<sub>em</sub>:**

**0,69 W/m<sup>2</sup>K**

**PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :**

Faktor tvaru budovy A/V: 0,42 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

**Rozložení měrných tepelných toků**

Zóna	Položka	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	680,627	100,00 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	---	280,867	41,27 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	---	0,00 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	---	0,00 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	17,911	2,63 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcmi Hd,c:	---	381,848	56,10 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	Obvodová stěna:	---	---	0,00 %
	Střecha:	191,8	49,868	7,33 %
	Podlaha:	---	---	0,00 %
	Otvorová výplň:	127,2	152,604	22,42 %
	Podlaha nad suterénem:	---	---	0,00 %
	Okna:	---	---	0,00 %
	Dveře:	---	---	0,00 %
	SPB 375 + 100 EPS:	513,6	159,216	23,39 %
	SPB 300:	---	---	0,00 %
	SPB 375:	---	---	0,00 %
	Stěna suterén:	---	---	0,00 %
	SPB 300 + 100 EPS:	63,0	20,160	2,96 %
2	Celkový měrný tok H:	---	372,917	100,00 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	---	87,464	23,45 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	112,101	30,06 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	---	0,00 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	8,301	2,23 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcmi Hd,c:	---	165,051	44,26 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	Obvodová stěna:	---	---	0,00 %
	Střecha:	13,7	3,562	0,96 %
	Podlaha:	266,0	112,101	30,06 %
	Otvorová výplň:	---	---	0,00 %
	Podlaha nad suterénem:	---	---	0,00 %
	Okna:	17,5	21,006	5,63 %
	Dveře:	3,2	4,160	1,12 %



## DISERTAČNÍ PRÁCE

SPB 375 + 100 EPS:	23,8	7,387	1,98 %
SPB 300:	---	---	0,00 %
SPB 375:	---	---	0,00 %
Stěna suterén:	90,8	128,936	34,58 %
SPB 300 + 100 EPS:	---	---	0,00 %

**Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů**

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc:	1053,543 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	3144,1 m <sup>3</sup>
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994):	0,34 W/m <sup>3</sup> K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997):	24,6 kWh/(m <sup>3</sup> .a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

**Průměrný součinitel prostupu tepla budovy**

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht:	685,2 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	1310,6 m <sup>2</sup>
Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) ..... Uem,N,20:	0,43 W/m <sup>2</sup> K

**Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U<sub>em</sub>:** **0,52 W/m<sup>2</sup>K**

**Potřeba tepla na vytápění budovy**

Měsíc	Q <sub>H,ht</sub> [GJ]	Q <sub>int</sub> [GJ]	Q <sub>sol</sub> [GJ]	Q <sub>gn</sub> [GJ]	E <sub>t,H</sub> [-]	f <sub>H</sub> [%]	Q <sub>H,nd</sub> [GJ]
1	52,066	5,937	6,054	11,990	0,981	100,0	40,304
2	42,902	4,980	8,993	13,973	0,981	100,0	29,193
3	36,752	5,185	12,586	17,771	0,976	100,0	19,408
4	22,826	4,730	14,661	19,391	0,899	72,6	5,391
5	12,761	4,653	17,818	22,471	0,568	0,0	---
6	6,704	4,427	17,412	21,839	0,307	0,0	---
7	4,375	4,575	18,221	22,796	0,192	0,0	---
8	5,287	4,653	17,226	21,879	0,242	0,0	---
9	11,467	4,760	12,609	17,370	0,627	9,7	0,582
10	21,437	5,170	11,059	16,229	0,922	75,0	6,480
11	34,006	5,321	6,105	11,426	0,981	100,0	22,794
12	46,693	5,905	4,502	10,407	0,981	100,0	36,484

Vysvětlivky: Q<sub>H,ht</sub> je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q<sub>int</sub> jsou vnitřní tepelné zisky; Q<sub>sol</sub> jsou solární tepelné zisky; Q<sub>gn</sub> jsou celkové tepelné zisky; E<sub>t,H</sub> je stupeň využitelnosti tepelných zisků; f<sub>H</sub> je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q<sub>H,nd</sub> je potřeba tepla na vytápění.

**Potřeba tepla na vytápění za rok Q<sub>H,nd</sub>:** **160,637 GJ** **44,621 MWh**

Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 3144,1 m<sup>3</sup>

Celková energeticky vztažná plocha budovy: 1027,4 m<sup>2</sup>

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m<sup>3</sup>): 14,2 kWh/(m<sup>3</sup>.a)

**Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:** **43 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3041.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinnosti systémů výroby, distribuce a emise tepla.

**Celková energie dodaná do budovy**

Měsíc	Q <sub>f,H</sub> [GJ]	Q <sub>f,C</sub> [GJ]	Q <sub>f,RH</sub> [GJ]	Q <sub>f,F</sub> [GJ]	Q <sub>f,W</sub> [GJ]	Q <sub>f,L</sub> [GJ]	Q <sub>f,A</sub> [GJ]
Q <sub>fuel</sub> [GJ]							
1	62,672	---	---	---	6,731	2,800	0,244
2	45,394	---	---	---	6,713	2,080	0,221
3	30,179	---	---	---	6,731	1,916	0,244
4	8,383	---	---	---	6,725	1,515	0,202
5	---	---	---	---	6,731	1,289	0,002
6	---	---	---	---	6,725	1,159	0,002
7	---	---	---	---	6,731	1,197	0,002
8	---	---	---	---	6,731	1,289	0,002
9	0,905	---	---	---	6,725	1,551	0,037
10	10,076	---	---	---	6,731	1,897	0,218
11	35,444	---	---	---	6,725	2,210	0,236
12	56,730	---	---	---	6,731	2,763	0,244

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

**Dodané energie:**

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	249,783 GJ	69,384 MWh	68 kWh/m2
Pomocná energie na vytápění Q,aux,H:	1,653 GJ	0,459 MWh	0 kWh/m2
<b>Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:</b>	<b>251,436 GJ</b>	<b>69,843 MWh</b>	<b>68 kWh/m2</b>
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
<b>Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:</b>	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q,aux,RH:	---	---	---
<b>Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:</b>	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q,fuel,F:	---	---	---
Pomocná energie na nucené větrání Q,aux,F:	---	---	---
<b>Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:</b>	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	80,733 GJ	22,426 MWh	22 kWh/m2
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q,aux,W:	---	---	---
<b>Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:</b>	<b>80,733 GJ</b>	<b>22,426 MWh</b>	<b>22 kWh/m2</b>
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	21,666 GJ	6,018 MWh	6 kWh/m2
<b>Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:</b>	<b>21,666 GJ</b>	<b>6,018 MWh</b>	<b>6 kWh/m2</b>
<b>Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:</b>	<b>353,835 GJ</b>	<b>98,288 MWh</b>	<b>96 kWh/m2</b>

Výsledky výpočtu  
dodané energie  
vstupující do analýzy.

**Měrná dodaná energie budovy**

<b>Celková roční dodaná energie:</b>	<b>98,288 MWh</b>
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	3144,1 m3
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	1027,4 m2
Měrná dodaná energie EP,V:	31,3 kWh/(m3.a)
<b>Měrná dodaná energie budovy EP,A:</b>	<b>96 kWh/(m2.a)</b>

Poznámka: Měrná dodaná energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinností tech. systémů.

**Rozdělení dodané energie podle energonositelů, primární energie a emise CO2**

Energo- nositel	Faktory transformace			Vytápění				Teplá voda				
				MWh/a		t/a		MWh/a		t/a		
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---	
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	---	---	---	---	22,4	24,7	24,7	6,2	
soustava CZT využívající méně n	1,0	1,1	0,0000	69,4	69,4	76,3	---	---	---	---	---	
SOUČET				69,4	69,4	76,3	---	22,4	24,7	24,7	6,2	
Energo- nositel	Faktory transformace			Osvětlení				Pom.energie				
				MWh/a		t/a		MWh/a		t/a		
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	6,0	18,1	19,3	1,8	0,5	1,4	1,5	0,1	
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	---	---	---	---	---	---	---	---	
soustava CZT využívající méně n	1,0	1,1	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---	
SOUČET				6,0	18,1	19,3	1,8	0,5	1,4	1,5	0,1	
Energo- nositel	Faktory transformace			Nuc.větrání				Chlazení				
				MWh/a		t/a		MWh/a		t/a		
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---	
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	---	---	---	---	---	---	---	---	
soustava CZT využívající méně n	1,0	1,1	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---	
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---	---	
Energo- nositel	Faktory transformace			Úprava RH				Export elektřiny				
				MWh/a		t/a		MWh/a				
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,el	Q,pN	Q,pC		
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---		
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	---	---	---	---	---	---	---		
soustava CZT využívající méně n	1,0	1,1	0,0000	---	---	---	---	---	---	---		
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---		

Vysvětlivky: f,pN je faktor neobnovitelné primární energie v kWh/kWh; f,pC je faktor celkové primární energie v kWh/kWh; f,CO2 je součinitel emisí CO2 v kg/kWh; Q,f je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,el je produkce elektřiny v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q,f [MWh/a]	Q,pN [MWh/a]	Q,pC [MWh/a]	CO2 [t/a]
elektřina ze sítě	6,478	19,433	20,728	1,898
zemní plyn	22,426	24,668	24,668	6,212
soustava CZT využívající méně než 50% ob	69,384	69,384	76,323	---
<b>SOUČET</b>	<b>98,288</b>	<b>113,485</b>	<b>121,719</b>	<b>8,110</b>

Vysvětlivky: Q,f je energie dodaná do budovy příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

#### Měrná primární energie a emise CO2 budovy

Emise CO2 za rok:	8,110 t	
Celková primární energie za rok:	121,719 MWh	438,189 GJ
<b>Neobnovitelná primární energie za rok:</b>	<b>113,485 MWh</b>	<b>408,547 GJ</b>
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	3 144,1 m3	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	1 027,4 m2	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m3):	2,6 kg/(m3.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,V:	38,7 kWh/(m3.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V:	36,1 kWh/(m3.a)	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m2):	8 kg/(m2.a)	
<b>Měrná celková primární energie E,pC,A:</b>	<b>118 kWh/(m2.a)</b>	
<b>Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,A:</b>	<b>110 kWh/(m2.a)</b>	

STOP, Energie 2013

#### **9.2.2 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - referenční budova**

#### **9.2.3 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - původní stav**

#### **9.2.4 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - n = 0,3 1/h**

#### **9.2.5 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - n = 0,4 1/h**

#### **9.2.6 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - n = 0,6 1/h**

#### **9.2.7 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$**

#### **9.2.8 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - zvýšená akumulace**

#### **9.2.9 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - t = 18 °C**

#### **9.2.10 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - t = 19 °C**

#### **9.2.11 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - t = 21 °C**

#### **9.2.12 Energetická náročnost budovy bytového domu T 02 B - t = 22 °C**

#### **9.2.13 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 - stávající stav**

#### **9.2.14 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 - referenční budova**

- 9.2.15 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 - původní stav**
- 9.2.16 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $n = 0,3$  1/h**
- 9.2.17 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $n = 0,4$  1/h**
- 9.2.18 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $n = 0,6$  1/h**
- 9.2.19 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $\Delta U_{em} = 0,05$  W/(m<sup>2</sup>.K)**
- 9.2.20 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 - zvýšená akumulace**
- 9.2.21 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $t = 18^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.22 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $t = 19^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.23 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $t = 21^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.24 Energetická náročnost budovy bytového domu G 57 -  $t = 22^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.25 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B - stávající stav**
- 9.2.26 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B - referenční budova**
- 9.2.27 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B - původní stav**
- 9.2.28 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $n = 0,3$  1/h**
- 9.2.29 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $n = 0,4$  1/h**
- 9.2.30 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $n = 0,6$  1/h**
- 9.2.31 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $\Delta U_{em} = 0,05$  W/(m<sup>2</sup>.K)**
- 9.2.32 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B - zvýšená akumulace**
- 9.2.33 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $t = 18^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.34 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $t = 19^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.35 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $t = 21^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.36 Energetická náročnost budovy bytového domu T 06 B -  $t = 22^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.37 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 - stávající stav**
- 9.2.38 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 - referenční budova**
- 9.2.39 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 - původní stav**

- 9.2.40 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $n = 0,3$  1/h**
- 9.2.41 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $n = 0,4$  1/h**
- 9.2.42 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $n = 0,6$  1/h**
- 9.2.43 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $\Delta U_{em} = 0,05$  W/(m<sup>2</sup>.K)**
- 9.2.44 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 - zvýšená akumulace**
- 9.2.45 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $t = 18^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.46 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $t = 19^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.47 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $t = 21^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.48 Energetická náročnost budovy bytového domu OP 1.11 -  $t = 22^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.49 Energetická náročnost budovy zděného domu - stávající stav**
- 9.2.50 Energetická náročnost budovy zděného domu - referenční budova**
- 9.2.51 Energetická náročnost budovy zděného domu - původní stav**
- 9.2.52 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $n = 0,3$  1/h**
- 9.2.53 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $n = 0,4$  1/h**
- 9.2.54 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $n = 0,6$  1/h**
- 9.2.55 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $\Delta U_{em} = 0,05$  W/(m<sup>2</sup>.K)**
- 9.2.56 Energetická náročnost budovy zděného domu - zvýšená akumulace**
- 9.2.57 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $t = 18^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.58 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $t = 19^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.59 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $t = 21^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.60 Energetická náročnost budovy zděného domu -  $t = 22^{\circ}\text{C}$**
- 9.2.61 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 - stávající stav**
- 9.2.62 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 - referenční budova**
- 9.2.63 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 - původní stav**
- 9.2.64 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $n = 0,3$  1/h**
- 9.2.65 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $n = 0,4$  1/h**
- 9.2.66 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $n = 0,6$  1/h**

**9.2.67 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$**

**9.2.68 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 - zvýšená akumulace**

**9.2.69 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $t = 18^\circ \text{C}$**

**9.2.70 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $t = 19^\circ \text{C}$**

**9.2.71 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $t = 21^\circ \text{C}$**

**9.2.72 Energetická náročnost budovy bytového domu HK 60 -  $t = 22^\circ \text{C}$**

**9.2.73 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS - stávající stav**

**9.2.74 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS - referenční budova**

**9.2.75 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS - původní stav**

**9.2.76 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $n = 0,3 \text{ 1/h}$**

**9.2.77 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $n = 0,4 \text{ 1/h}$**

**9.2.78 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $n = 0,6 \text{ 1/h}$**

**9.2.79 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$**

**9.2.80 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS - zvýšená akumulace**


**9.2.81 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $t = 18^\circ \text{C}$**

**9.2.82 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $t = 19^\circ \text{C}$**

**9.2.83 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $t = 21^\circ \text{C}$**

**9.2.84 Energetická náročnost budovy bytového domu BP 70 OS -  $t = 22^\circ \text{C}$**

## 10 OSOBNÍ PROFIL

<b>Jméno</b>	Kateřina Kubenková	
<b>Kontakt</b>	katerina.kubenkova@seznam.cz	
<b>Narozen</b>	19.3.1980 v Čeladné	
<b>Vzdělání</b>		
1994-1998	Středoškolské vzdělání na gymnáziu ve Frýdlantu nad Ostravicí, absolvováno s vyznamenáním.	
1998-2003	Vysokoškolské studium na Vysoké škole báňské -Technické univerzitě v Ostravě na fakultě stavební, absolvování oboru Pozemní stavitelství a architektura s vyznamenáním.	
od r. 2012	Doktorské studium na Vysoké škole báňské -Technické univerzitě v Ostravě na fakultě stavební, studium oboru: Teorie konstrukcí.	
<b>Osvědčení</b>		
od 1.7.2008	Vlastnictví osvědčení o autorizaci v oboru pozemní stavby, zapsaná v seznamu autorizovaných osob pod číslem 1102979.	
od 29.9.2010	Vlastnictví oprávnění zpracovávat průkazy energetické náročnosti budov, číslo oprávnění 0868.	
<b>Pedagogická praxe</b>		
	Od r. 2005 působení na fakultě stavební, Vysoké škole báňské - Technické univerzitě v Ostravě, v období 2005 - 2011 vědecký pracovník v centru CIDEAS, od 2005 doposud asistent na katedře pozemního stavitelství.	
	Vyučované předměty: Pozemní stavitelství I. (cvičení), Pozemní stavitelství II. (cvičení), Pozemní stavitelství III. (přednášky a cvičení), Pozemní stavitelství IV. (přednášky a cvičení), Prostředí staveb I (cvičení), Energetika budov a udržitelná výstavba (přednášky a cvičení), Konstrukce pozemních staveb I. (přednášky), Komplexní hodnocení budov (přednášky a cvičení).	
	Vedení bakalářských a diplomových prací	
Zahraniční stáže	Politechnika Opole, Žilinská univerzita v Žilině, Technická univerzita v Košiciach, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Beja (portugalsko) Estig Institute, Donetsk State Technical University (Ukrajina), Mugla University (Turecko),	
Odborné přednášky	Vzdělávací semináře pro učitele středních škol - dřevařských oborů, přednášky pro zaměstnance firmy Beskydská stavební a.s..	
<b>Znalosti</b>		
	Práce s PC (MS Office, AutoCad, Photoshop, Stavební fyzika), řidičský průkaz skupiny B, Měření vzduchotěsnosti budov - práce s Blower door testem.	
<b>Publikace</b>		
	Celkem 53 publikací, z toho 3 užité vzory, 1 kniha odborná, 7 kapitol v knize, 6 audiovizuálních tvoreb, 3 funkční vzorky,	